



RU/EP+ 99/03632
10.07.99 #7
EJK



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

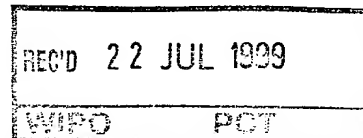
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПРОМЫШЛЕННОЙ СОБСТВЕННОСТИ

рег.No 20/14-180

15 апреля 1999 г

EP99/3632

СПРАВКА

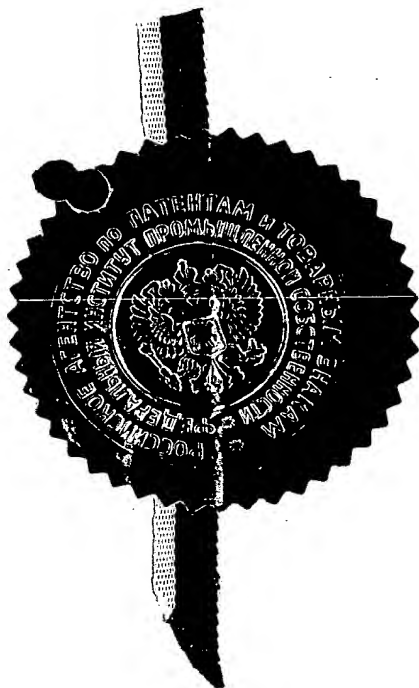


Федеральный институт промышленной собственности Российского Агентства по патентам и товарным знакам настоящим удостоверяет, что приложенные материалы являются точным воспроизведением первоначального описания, формулы и чертежей (если имеются) заявки на выдачу патента на изобретение N 98109993, поданной в мае месяце 26 дня 1998 года.

Название изобретения: Приемник воздушного давления. Варианты.

Заявитель (и): Центральный аэрогидродинамический институт
им.проф.Н.Е.Жуковского, RU,
АО «Аэроприбор-Восход», RU,
Норд-Микро Электроник Фейнмеканик АГ, DE.

Действительный автор(ы): Вождаев Евгений Семенович, RU
Головкин Михаил Алексеевич, RU
Головкин Владимир Алексеевич, RU
Ефремов Андрей Александрович, RU
Панкратов Анатолий Кузьмич, RU
Хейнц-Герхард Келлер, DE.



**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Уполномоченный заверить копию
заявки на изобретение

Г.Ф.Востриков
Заведующий отделом

11.08.99

МКИ G01L15/00, G01P5/16

Приемник воздушного давления. Варианты.

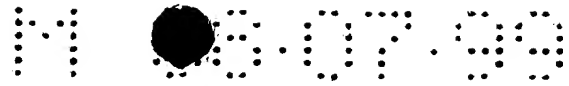
Изобретение относится к определению параметров полета летательных аппаратов или к другим областям науки и техники, имеющим дело с потоками жидкости и газа. Измерение параметров полета является одной из важнейших задач аэромеханики и аэродинамики летательных аппаратов (ЛА). В настоящее время для измерения параметров полета (потока) используются приемники воздушного давления (ПВД), устанавливаемые, зачастую, непосредственно на фюзеляже самолета или корпусе любого другого летательного аппарата, которые фактически измеряют параметры местного потока, близкого к плоскому. На летательных аппаратах устанавливаются, как правило, несколько таких ПВД, измеряющих местные параметры потока. Истинные параметры полета определяются на основе предварительных градуировок.

I.

Известен приемник воздушного давления, устанавливаемый на корпусе или фюзеляже ЛА, имеющий цилиндрическую трубку, устанавливаемую на стойке, имеющей искривленные передние и задние кромки, которые сближаются при приближении от основания стойки к трубке. Передняя кромка стойки может быть закруглена. Приемник воздушного давления имеет отверстие в носовой части трубки для восприятия полного давления и отверстие для восприятия статического давления на некотором расстоянии от носка трубки. Приемник имеет нагреватель для предотвращения образования льда. (Patent: Aerodynamically Shaped Probe. International Publication Number WO 94/02858, International Publication 3 February 1994. Applicant:

Однако этот приемник воздушного давления не может быть применен для определения угла атаки, поскольку в нем отсутствуют отверстия для восприятия давления, с помощью которых угол атаки может быть измерен. Собственно, как следует из упомянутого выше патента, этот приемник для этих целей и не предназначен. Кроме того, сужение стойки при виде сбоку при подходе к трубке приводит, при сохранении внутренних объемов, необходимых для проводки пневмотрасс и обогревателей, к сильному возрастанию относительной толщины профилей поперечных сечений стойки. Это приводит при больших дозвуковых скоростях (числа Маха $M = 0,8 \div 0,9$) к более раннему появлению местных скачков уплотнения и сильному возрастанию волнового сопротивления такого приемника воздушного давления.

Известно устройство для определения полного давления P_0 , статического давления P_s , а следовательно и числа Маха M , а также угла атаки α . (Патент РФ № 2000561, приоритет от 27 января 1992г., зарегистрировано в Государственном реестре 11 июля 1993г. «Устройство для определения параметров полета летательного аппарата.») Устройство состоит из тела, выполненного в виде заостренной спереди плиты, верхняя поверхность которой расположена ортогонально оси вращения и снабжена отверстиями для измерения статического давления. В задней части плиты на ее верхней поверхности расположено полукрыло с прямой передней кромкой, ортогональной верхней поверхности плиты, на конце которого расположен приемник полного давления. На прямой передней кромке полукрыла расположены отверстия для измерения угла атаки. Отверстия для измерения статического давления, приемник полного давления и отверстия для измерения угла атаки с



помощью соответствующих пневмотрасс подсоединены к датчикам давления. Устройство снабжено также датчиком углового перемещения тела. Отверстия для измерения статического давления могут быть расположены на не вращающемся диске, выполненном заподлицо с верхней поверхностью плиты. Это устройство, по сути, совмещает в себе функции датчика аэродинамических углов и приемника воздушного давления. Данное устройство обладает рядом недостатков. Во-первых, сложность конструкции, которая обусловлена прежде всего тем, что это устройство является вращающимся. Следовательно, оно должно быть снабжено подшипниками с очень малым коэффициентом трения, при этом устройство должно быть статически и динамически сбалансировано. Кроме того, оно должно быть снабжено датчиком углового перемещения тела. Вторым недостатком, который, по сути, вытекает из первого, это повышенный вес конструкции. Недостатком данного устройства также является то обстоятельство, что в силу его конструктивных особенностей невозможно полное давление передавать на фюзеляж летательного аппарата различным потребителям, а такая необходимость, зачастую, имеется, с помощью не вращающихся пневмотрасс. Передача же давления с вращающейся части устройства на не вращающуюся требует применения специальных уплотнений и ведет к усложнению конструкции и возрастанию ее веса, увеличению момента трения и, следовательно, к возрастанию минимальной величины скорости начала работы такого устройства.

Наиболее близким из известных технических решений является фюзеляжный ПВД для определения параметров полета (потока) - угла атаки α , полного P_0 и статического P_s давлений, и, следовательно, числа Маха M , представляющий собой удлиненное осесимметричное тело с конической или оживальной головной частью, где расположено

N 08.07.99

отверстие для восприятия полного давления, переходящей в круговой цилиндр, на поверхности которого расположены отверстия для восприятия статического давления. Далее эта цилиндрическая поверхность переходит в коническую, на которой расположены отверстия для восприятия давлений, которым ставится в соответствие угол атаки, а затем - опять в цилиндрическую. Для крепления к фюзеляжу или к корпусу ЛА приемник имеет стойку, поперечное сечение которой имеет чечевицеобразный с острой передней кромкой профиль (United States Patent: Pressure Sensor for Determining Airspeed Altitude and Angle of Attack. Number 4,378,696, Apr. 5, 1983. Assignee: Rosemount Inc. Filed: Feb. 23, 1981).

Недостатками данного ПВД являются:

- увеличенные габаритные размеры осесимметричного тела;
- усложненность конструкции;
- повышенное аэродинамическое сопротивление;
- повышенная потребляемая мощность обогревательной противобледенительной системы;
- повышенный вес конструкции.

Это обусловлено следующими факторами:

1. Данный ПВД имеет увеличенное миделево сечение осесимметричного тела. Причем, увеличенный размер миделева сечения в данном случае обусловлен двумя обстоятельствами.

Первое, это то, что цилиндрический участок осесимметричного тела переходит в конический, на котором располагаются отверстия для восприятия давления, по которым определяются углы атаки. Для того чтобы несколько повысить чувствительность воспринимаемого этими отверстиями давления по углу атаки, угол конусности должен быть достаточно большим, что приводит к необходимости значительно увеличить диаметр осесимметричного тела за данной

конической частью. Второе обстоятельство связано с тем, что хотя группы отверстий для измерения давления, по которым определяются полное давление, статическое давление и угол атаки, в данной конфигурации разнесены, но все они находятся на самом осесимметричном теле. Внутри него должны располагаться пневмотрассы, отходящие от всех указанных групп отверстий, а также трубчатые электронагреватели (ТЭНы) противообледенительной системы. Диаметры пневмотрасс и ТЭНов не могут быть меньше некоторых минимальных значений, которые для пневмотрасс определяются величиной гидродинамического запаздывания, а для ТЭНов предельными значениями плотности потока тепла и температуры поверхности нагревателей. В результате имеет место высокая конструктивная насыщенность, т.е. конструктивная сложность осесимметричного тела ПВД.

Указанные обстоятельства приводят к возрастанию площади миделева сечения, а следовательно, к возрастанию веса конструкции, аэродинамического сопротивления и мощности противообледенительной системы. Следует также отметить, что переход от цилиндрической части к конической, а затем опять к цилиндрической может приводить к отрыву потока за конической частью и более раннему (по числу Маха) появлению местных скачков уплотнения. Это, в свою очередь, должно приводить к возрастанию аэродинамического сопротивления. Кроме того, увеличенный диаметр осесимметричного тела и неоптимальная форма его хвостовой части в сопряжении со стойкой также дает неблагоприятную аэродинамическую интерференцию (отрыв потока и более раннее появление скачков уплотнения) в области стыка сужающейся хвостовой части осесимметричного тела ПВД за линией максимальных толщин чечевицеобразного аэродинамического профиля

стойки. Это также приводит к некоторому увеличению аэродинамического сопротивления такого ПВД.

2. Увеличенная длина осесимметричного тела. Это обусловлено тем, что на осесимметричном теле расположены все три группы отверстий: для измерения полного, статического давления и угла атаки. Причем, для того чтобы измерения статического давления были точными (без введения поправок) и практически было бы исключено влияние подпора от стойки, отверстия для измерения статического давления должны достаточно далеко отстоять от стойки. Это приводит к значительному увеличению длины осесимметричного тела. Как известно, льдообразование на летательном аппарате происходит, в первую очередь, в областях, прилегающих к областям торможения потока. (см., например, Bragg M.B., Grigoreh G.M., Lee J.D. Airfoil Aerodynamic in Icing Conditions. J.Aircraft, vol.23. N1, 1986). Такой областью на осесимметричном теле ПВД является область носка, а также, при углах атаки не равных нулю, область в окрестности линии растекания потока на наветренной части осесимметричного тела ПВД. Поэтому внутри такого удлиненного осесимметричного тела на всей его длине располагаются достаточно массивные трубчатые электрические нагреватели. Это приводит к значительному возрастанию потребной мощности на обогрев, а также, так как ТЭНы являются достаточно массивными, еще и дополнительному увеличению веса конструкции.

Можно также отметить, что наличие на осесимметричном теле ПВД конического участка приводит к реализации дополнительного подпора на впереди лежащем цилиндрическом участке, где расположены отверстия для измерения статического давления. В результате для точного (без введения поправок) определения статического давления отверстия для его восприятия должны

достаточно далеко отстоять от этого конечного участка. Это приводит к необходимости дополнительного увеличения длины осесимметричного тела, что также приводит к некоторому дополнительному увеличению веса конструкции и требует дополнительной мощности электронагревательной противообледенительной системы.

3. Электронагреватели, расположенные внутри стойки ПВД для предотвращения льдообразования на ее передней кромке и тем самым предотвращения влияния этого льда на измерения давления на осесимметричном теле, используются недостаточно эффективно, в том смысле, что они обогревают стойку, на которой не расположены отверстия для измерения давления. Это ведет к значительному возрастанию веса и потребляемой электрической мощности.

Задачей изобретения является устранение вышеперечисленных недостатков.

Технический результат заключается в следующем:

- уменьшение аэродинамического сопротивления;
- уменьшение потребной мощности обогревательной противообледенительной системы;
- упрощение конструкции;
- уменьшение габаритных размеров осесимметричного тела;
- снижение веса конструкции.

Технический результат достигается тем, что приемник воздушного давления, содержащий три группы отверстий для определения полного давления, статического давления и угла атаки, осесимметричное тело и стойку для крепления с расположенными внутри них пневмотрассами и электронагревательными элементами противообледенительной системы выполняются таким образом, что отверстия для определения угла атаки расположены на стойке, а

11 08 07 99

отверстия для измерения статического давления на специальной плите перед стойкой.

Для еще большего уменьшения аэродинамического сопротивления фюзеляжного приемника хвостовая часть осесимметричного тела может заканчиваться и плавно сопрягаться с аэродинамическим профилем стойки в области его максимальной относительной толщины.

Иногда, исходя из конструктивных или из аэродинамических соображений, бывает целесообразно на ЛА статическое давление измерять в одном месте ЛА, а полное давление и угол атаки - в другом. В этом случае для измерений может быть применен предлагаемый фюзеляжный приемник, у которого плита с отверстиями для измерения статического давления выполнена отдельно от осесимметричного тела со стойкой.

Для применения на сверхзвуковых режимах полета ЛА, когда требуется весьма узкий диапазон углов атаки, поперечные сечения стойки могут иметь аэродинамический профиль с заостренным носком.

Для применения на ЛА, которые эксплуатируются при дозвуковых числах M , поперечные сечения стойки могут иметь дозвуковой аэродинамический профиль со скругленным носком.

Для расширения диапазона измерения угла атаки внешняя поверхность стойки может иметь вид цилиндрической поверхности.

Для дополнительного расширения диапазона измерения угла атаки отверстия для измерения угла атаки могут располагаться на стойке от ее носка до максимальной толщины.

Для еще большего уменьшения потребной мощности противообледенительной системы электронагревательные элементы

противообледенительной системы могут быть смещены к передней кромке стойки.

Поскольку аэродинамическое сопротивление осесимметричного тела при нулевом угле атаки ПВД и при больших дозвуковых или сверхзвуковых скоростях пропорционально площади его миделева сечения, то снижение аэродинамического сопротивления ПВД, если бы оно имело ту же форму, что и ПВД - прототипа, также было бы пропорционально разности квадратов диаметров осесимметричного тела ПВД - прототипа и предлагаемого ПВД. Но так как форма осесимметричного тела предлагаемого ПВД не имеет дополнительных уступов (конического уступа с последующим утолщением) как у ПВД - прототипа, то на нем не будет присутствовать отрыв потока и появление скачков уплотнения за коническим уступом. Таким образом, снижение аэродинамического сопротивления будет еще большим. На больших углах атаки снижение сопротивления будет также весьма значительным вследствие того, что длина осесимметричного тела на предлагаемом ПВД существенно меньше, чем на ПВД - прототипе. Поскольку подавать мощность на обогрев плиты, на которой размещаются отверстия для измерения статического давления, в предлагаемом ПВД не требуется в силу отсутствия на ней условий для обледенения (области торможения потока на ней отсутствуют), а необходимая мощность на обогрев стойки, на которой размещаются отверстия для определения угла атаки, примерно равна необходимой мощности на обогрев стойки ПВД - прототипа, то снижение необходимой мощности на обогрев предлагаемого ПВД определяется снижением мощности на обогрев осесимметричного тела. Это снижение пропорционально разности площадей внешних поверхностей осесимметричного тела ПВД - прототипа и предлагаемого ПВД (при той же температуре их

14 08.07.19

поверхности). А так как необходимая мощность на обогрев осесимметричного тела ПВД - прототипа примерно равна мощности, потребляемой стойкой, то в результате по приближенным оценкам необходимая мощность электрических нагревателей на предлагаемом ПВД по сравнению с ПВД - прототипом может быть снижена примерно на 50%. Поскольку вынос отверстий на плите для измерения статического давления без введения поправок на подпор относительно основания стойки ПВД за счет ее стреловидности может быть заметно уменьшен, по сравнению с соответствующими отверстиями ПВД - прототипа на осесимметричном теле, то как показывают предварительные конструкторские проработки, вес плиты и осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть примерно равен весу внешней оболочки осесимметричного тела ПВД - прототипа. В результате снижения веса конструкции предлагаемого ПВД происходит только за счет снижения массы обогревателей в осесимметричном теле. Это снижение веса составляет примерно 15÷20% от веса ПВД.

При выполнении осесимметричного тела таким образом, что его хвостовая часть заканчивается и плавно сопрягается со стойкой в области ее максимальной толщины, улучшается интерференция осесимметричного тела и стойки, и за счет отсутствия дополнительного диффузора дополнительно существенно уменьшается аэродинамическое сопротивление ПВД. В том случае, когда по конструктивным, аэродинамическим или каким-либо другим соображениям плиту на ЛА необходимо разместить на фюзеляже в месте, где реализуется статическое давление, а стойку с осесимметричным телом ПВД в другом, плита с отверстиями для измерения статического давления выполняется отдельно от осесимметричного тела со стойкой. Для дополнительного уменьшения

14.07.99

сопротивления на сверхзвуковых ЛА, когда требуется достаточно узкий диапазон измерения угла атаки поперечные сечения стойки могут иметь аэродинамический профиль с заостренным носком. При применении ПВД на ЛА, который эксплуатируется при дозвуковых числах M , для дополнительного уменьшения сопротивления и расширения диапазона измерения углов атаки, поперечные сечения стойки могут иметь специализированный дозвуковой аэродинамический профиль со скругленным носком. Для дополнительного расширения диапазона измерения углов атаки внешняя поверхность стойки может иметь вид цилиндрической поверхности. Для дополнительного расширения диапазона измерения углов атаки отверстия для измерения углов атаки могут располагаться на стойке от ее носка до максимальной толщины. За счет смещения электронагревательных элементов к передней кромке стойки дополнительно существенно уменьшаются бесполезные тепловые потери, по сравнению с ПВД - прототипом, и уменьшается потребная мощность на обогрев.

На фиг.1 изображен общий вид одного из вариантов реализованного ПВД, оптимизированного для установки на пассажирском самолете среднего класса.

На фиг.2 показан один из вариантов предлагаемого ПВД с осесимметричным телом, хвостовая часть которого заканчивается и плавно сопрягается со стойкой в области ее максимальной толщины.

На фиг.3 показан вариант предлагаемого ПВД, на котором плита с отверстиями для измерения статического давления выполнена отдельно от осесимметричного тела со стойкой.

На фиг.4 приведены варианты предлагаемого ПВД с различной стреловидностью стоек по передней кромке.

На фиг.5 показаны различные варианты проф стойки.

Приемник воздушного давления (фиг.1, 3) состоит из осесимметричного тела 1, в носовой части которого расположено отверстие 2 для определения полного давления. Внутри осесимметричного тела 1 находятся ТЭНы 3 противообледенительной системы. Осесимметричное тело крепится к стойке 4, на которой расположены отверстия 5, 6 для определения угла атаки, а внутри стойки расположены ТЭНы 7. Для резервирования отверстий на верхней и нижней поверхности профиля может быть расположено по нескольку отверстий 5, 6. У ПВД имеется плита 8, которая может быть соединена с фланцем 9 или являться одновременно и фланцем 9 для крепления стойки и плиты к фюзеляжу ЛА; на плите 8 выполнены отверстия 10 для измерения статического давления. Давления из отверстий 2, 5, 6, 10 выводятся из ПВД с помощью пневмотрасс 11 и штуцеров 12, а обогрев осесимметричного тела и стойки ПВД с помощью электронагревателей 4, 8 осуществляется через электроразъем 13.

Приемник воздушного давления работает следующим образом. Давления, воспринимаемые отверстиями 2, 5, 6, 10 через штуцеры 12 передаются в блок датчиков, который преобразует давления в электрические сигналы. Эти электрические сигналы посылаются в блок обработки информации, в котором по градуировочным зависимостям определяются параметры потока (полета): P_o , P_s , α . Для предотвращения льдообразования, которое может сильно исказить измерения или привести к закупорке отверстий и отказу ПВД, через электроразъем 13 в ТЭНы 3 и 7 подается электрическая энергия. Электрические ТЭНы 3 и 7 нагревают внешнюю оболочку осесимметричного тела и стойки 4, а также пневмотрассы 11, изготавливаемые как правило, из весьма теплопроводных материалов

(например, никеля). Мощность ТЭНов и подводимой электроэнергии подбирается такой, чтобы предотвратить льдообразование на поверхностях осесимметричного тела 1, стойки 4 и в отверстиях 2, 5, 6.

Для дополнительного снижения аэродинамического сопротивления за счет улучшения интерференции между осесимметричным телом 1 и стойкой 4 хвостовая часть осесимметричного тела плавно сопрягается и заканчивается в области максимальной толщины стойки (фиг.2).

Когда это необходимо исходя из конструктивных или аэродинамических соображений, на предлагаемом фюзеляжном ПВД плита 8 с отверстиями для измерения статического давления может быть выполнена отдельно от осесимметричного тела 1 и стойки 4 (фиг.3).

13

Конструктивные и аэродинамические параметры ПВД выбираются исходя из требований к диапазонам работы ПВД и к точности измерений и условий обтекания ЛА. Высота h ПВД (фиг.4) выбирается такой, чтобы отверстие, воспринимающее полное давление, находилось за пределами пограничного слоя. Вынос l_s относительно стойки отверстий для измерения статического давления на плите выбирается таким, чтобы на измерения не влиял подпор от стойки, а также возможные возмущения (например, скачки уплотнения на транс- и сверхзвуковых режимах полета). Высота h_a отверстий для измерения угла атаки также выбирается из соображений отсутствия возмущений. Если ПВД предназначен исключительно для работы на сверхзвуковых скоростях и на весьма малых углах атаки, профиль может иметь заостренную в носке чечевицеобразную или оживальную форму (фиг.5). Для дозвуковых

14 08.07.99
скоростей может быть применен профиль со сглаженным носком, настроенный на соответствующие режимы его работы, например, по числу Маха М. Исходя из характеристик профилей и условий работы, выбирается и стреловидность χ стойки по передней кромке (фиг.4).

Для весьма малых скоростей с целью, например, расширения диапазона измерения угла атаки профили поперечных сечений стоек могут иметь, в частности, эллиптическое или круглое сечение.

Вариант исполнения предлагаемого ПВД, оптимизированный для установки его на пассажирском магистральном или транспортном самолете среднего класса представлен на рис. 1.

Использование изобретения позволяет добиться:

- упрощения конструкции,
- уменьшения габаритных размеров осесимметричного тела,
- снижения аэродинамического сопротивления,
- уменьшения потребной мощности противообледенительной системы ПВД,
- снижения веса.

14
Покажем это, предполагая, что основные конструктивные, геометрические и аэродинамические параметры стойки (высота, угол стреловидности, профиль и его относительная толщина) для предлагаемого ПВД остаются такими же, как и для прототипа, поскольку проведенные конструкторские проработки показывают на возможность этого.

1. Упрощение конструкции достигается тем, что группы отверстий для отбора давления, на основе которых определяются угол атаки и статическое давление, размещаются не на осесимметричном теле ПВД, а на стойке и плите ПВД соответственно (фиг.1). Поскольку от каждой из указанных групп отверстий отходят пневмотрассы и внутри осесимметричного тела и стойки должны располагаться еще и

И. В. Д. 07.99

электронагревательные элементы противообледенительной системы, то конструктивная насыщенность ПВД является весьма высокой. В результате переноса отверстий для измерения угла атаки и статического давления с осесимметричного тела на стойку и плиту, конструктивная насыщенность снижается, выполнение осесимметричного тела и всего предлагаемого ПВД со стойкой существенно упрощается.

2. В результате переноса отверстий для отбора давлений, по которым определяется угол атаки и статическое давление, с осесимметричного тела на стойку и плиту существенно уменьшается диаметр d осесимметричного тела (фиг.1). Проведенные конструкторские проработки показывают, что диаметр d осесимметричного тела предлагаемого ПВД, по сравнению с ПВД - прототипом (при тех же диаметрах внутренних трасс и электронагревательных элементов) может быть уменьшен примерно в $1,5 \div 2$ раза, а длина l тела в $8 \div 10$ раз.

3. Аэродинамическое сопротивление осесимметричного тела может быть представлено в виде формулы $X = C_x q S$, где C_x - коэффициент сопротивления, q - скоростной напор, S - характерная площадь. Для осесимметричного тела ПВД за характерный размер может быть принята площадь его миделева сечения $S = \pi d^2 / 4$, где d - диаметр миделева сечения. Таким образом, если бы осесимметричное тело предлагаемого ПВД было бы геометрически подобно осесимметричному телу ПВД - прототипа (т.е. при сохранении той же величины C_x), то при тех же скоростных напорах (т.е. при той же величине скорости V и числа Маха M) в результате уменьшения диаметра d в $1,5 \div 2$ раза (см. выше пункт 2) сопротивление осесимметричного тела предлагаемого ПВД уменьшилось бы

примерно в $2,2 \div 4$ раза. Но так как форма осесимметричного тела предлагаемого ПВД не имеет дополнительных уступов (конического участка с последующим утолщением диаметра, как у ПВД - прототипа), то на нем не будет присутствовать отрыв потока и появление скачков уплотнения за коническим участком. Таким образом, как показывают оценки, величина коэффициента сопротивления C_x осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть снижена еще примерно на $7 \div 10\%$. В результате сопротивление осесимметричного тела X предлагаемого ПВД при $\alpha = 0$ уменьшается примерно в $2,5 \div 4,5$ раза. При углах атаки, не равных нулю, аэродинамическое сопротивление осесимметричного тела за счет уменьшения его длины (в $8 \div 10$ раз) также может быть существенно снижено. Как показывают оценки, при этом можно ожидать снижения сопротивления осесимметричного тела в $5 \div 7$ раз.

Дополнительное снижение аэродинамического сопротивления на предлагаемом ПВД может быть обеспечено за счет того, что хвостовая часть осесимметричного тела заканчивается и плавно сопрягается со стойкой в области ее максимальной толщины. Положительный эффект в этом случае достигается за счет организации надлежащей интерференции хвостовой части осесимметричного тела ПВД и стойки. Поскольку в этом случае дополнительный диффузор в области стыка хвостовой сужающейся части осесимметричного тела и хвостовой части профиля стойки отсутствует, то тем самым удастся избежать появления отрыва потока и местных скачков уплотнения. В результате, как показывают оценки, сопротивление всего ПВД может быть дополнительно снижено на $10 \div 15\%$.

Дополнительное снижение аэродинамического сопротивления может быть получено за счет выбора специализированных аэродинамических профилей для стойки ПВД, настроенных на соответствующие основные режимы полета ЛА (сверхзвуковой с острой передней кромкой или дозвуковой со скругленной передней кромкой аэродинамический профиль стойки).

4. Потребная мощность обогревательной противообледенительной системы осесимметричного тела предлагаемого ПВД также может быть весьма сильно снижена, по сравнению с осесимметричным телом ПВД - прототипа. Потребная мощность при той же теплоотдаче осесимметричного тела и той же температуре поверхности пропорционально площади его боковой поверхности, $\pi d l$, т.е. линейно зависит от диаметра d ПВД и длины l . Так как в соответствии с п.2 диаметр d осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть уменьшен в $1,5 \div 2$ раза, а его длина в $8 \div 10$ раз, то потребная мощность противообледенительной системы осесимметричного тела может быть снижена в $12 \div 20$ раз, по сравнению с осесимметричным телом ПВД - прототипа.

Поскольку подавать мощность на обогрев плиты, на которой размещаются отверстия для измерения статического давления, в предлагаемом ПВД не требуется в силу отсутствия на ней условий для обледенения (области торможения потока на ней отсутствуют), а потребная мощность на обогрев стойки примерно равна потребной мощности на обогрев стойки ПВД - прототипа, то снижение потребной мощности на обогрев определяется снижением мощности на обогрев осесимметричного тела. А так как потребная мощность на обогрев осесимметричного тела ПВД - прототипа примерно равна мощности, потребляемой стойкой, то в результате, по приближенным

оценкам потреб мощность электрических нагревателей на предлагаемом ПВД по сравнению с ПВД - прототипом может быть снижена примерно на 50%.

Дополнительно уменьшение потребной мощности на обогрев ПВД может быть получено за счет смещения ТЭНов к передней кромке стойки, поскольку льдообразованию на ней наиболее подвержена область, примыкающая к ее передней кромке.

5. Поскольку вынос отверстий на плите для измерения статического давления (без введения поправок на подпор) относительно основания стойки ПВД за счет ее стреловидности может быть заметно уменьшен, по сравнению с соответствующими отверстиями ПВД - прототипа на осесимметричном теле, то как показывают предварительные конструкторские проработки вес плиты и осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть примерно равен весу внешней оболочки осесимметричного тела ПВД - прототипа. В результате снижение веса конструкции предлагаемого ПВД происходит только за счет уменьшения массы обогревателей в осесимметричном теле. Это снижение веса составляет примерно 15÷20% от веса ПВД.

Таким образом, приведенные результаты расчетных оценок и конструкторско-проектировочных проработок наглядно показывают преимущества по всем указанным параметрам и свойствам предлагаемого ПВД по сравнению с ПВД - прототипом.

Поскольку на самолете, как правило, имеется несколько таких ПВД, то это приводит к заметному снижению веса, аэродинамического сопротивления и экономии потребляемой электрической энергии.

Второй вариант приемника воздушного давления относится к определению параметров полета летательных аппаратов, а также к другим областям науки и техники, имеющим дело с потоками жидкости или газа.

Известен фюзеляжный приемник воздушного давления для определения параметров полета (потока) - угла атаки α , полного P_0 и статического давления P_s , а следовательно, и числа Маха M , представляющий собой удлиненное осесимметричное тело, имеющее головную часть в виде полусферы с группами отверстий на осесимметричном теле для измерения давлений, по которым с помощью градуировок определяются параметры полета (потока). Причем, отверстия для измерения давлений, по которым определяется полное давление и угол атаки, располагаются на полусферической головной части, а отверстия для измерения статического давления располагаются на боковой (цилиндрической) поверхности осесимметричного тела. Для крепления к фюзеляжу или корпусу летательного аппарата этот ПВД имеет стойку, профиль которой имеет чечевицеобразное поперечное сечение (United States Patent: Pressure Sensing Instrument for Aircraft. Number 4,615,213, Oct.7,1986. Assignee: Rosemount Inc. Filed: Dec. 22,1983).

Недостатками данного ПВД являются:

- усложненность конструкции;
- увеличенные габаритные размеры;
- повышенное аэродинамическое сопротивление;
- повышенная потребная мощность обогревательной противообледенительной системы;
- повышенный вес конструкции.

Это обусловлено наличием внутри осесимметричного тела пневмотрасс, отходящих от отверстий для измерения полного давления и угла атаки, камеры для измерения статического давления, электронагревателей противообледенительной системы. Кроме того, электронагреватели, расположенные внутри стойки ПВД для предотвращения льдообразования на ее передней кромке, используются недостаточно эффективно, так как обогревают стойку, на которой не расположены отверстия для измерения давления. Это ведет к значительному возрастанию веса и потребляемой электрической мощности (примерно на 50%).

Известен фюзеляжный ПВД для определения параметров полета (потока) - угла атаки α , полного P_0 и статического P_s давлений и, следовательно, числа Маха M , представляющий собой удлиненное осесимметричное тело с конической или оживальной головной частью, где расположено отверстие для восприятия полного давления, переходящей в круговой цилиндр, на поверхности которого расположены отверстия для восприятия статического давления. Далее эта цилиндрическая поверхность переходит в коническую, на которой расположены отверстия для восприятия давления, которому ставится в соответствие угол атаки, а затем - опять в цилиндрическую. Для крепления к фюзеляжу или корпусу ЛА приемник имеет стойку, поперечное сечение которой имеет чечевицеобразный профиль (United States Patent : Pressure Sensor for Determining Airspeed Assignee: Rosemount Inc. Filed: Feb.23,1981).

Недостатки данного ПВД обусловлены, главным образом, теми же факторами и являются, в основном, такими же, как и у приемника воздушного давления, рассмотренного выше.

Известен приемник воздушного давления, содержащий корпус в виде круглого цилиндрического стержня с приемными отверстиями,

размещенными по периферии сечения и соединенными каналами со штуцерами (Петунин А.Н. Характеристики пневмометрических приемников величины и направления скорости при больших числах М. Москва, Труды ЦАГИ, 1976г., вып. 1989).

Недостатками данного ПВД являются:

- большое аэродинамическое сопротивление;
- увеличенная потребная электрическая мощность обогревательной противообледенительной системы;
- вредное воздействие отрывного вихревого следа за ним на воздухозаборник двигателя, приводящее к значительным потерям силы тяги двигателя;
- невозможность определения статического давления с приемлемой точностью в диапазоне чисел Маха $M > 0,75$ вследствие явления трансзвуковой стабилизации.

Наиболее близким из известных технических решений является ПВД, содержащий корпус в виде цилиндрического стержня с лыской с приемными отверстиями, расположенными по периферии сечения (Авторское свидетельство N 1723879 СССР. Приемник воздушного давления. Приоритет от 2 января 1990г.).

Недостатками данного ПВД являются:

- большое аэродинамическое сопротивление;
- увеличенная потребная электрическая мощность обогревательной противообледенительной системы;
- вредное воздействие отрывного вихревого следа за ним на воздухозаборник двигателя, приводящее к значительным потерям силы тяги двигателя.

Указанные недостатки аналогичны описанным выше и обусловлены следующими факторами.

1. Как известно (см., например, Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М., изд. иностр. лит., 1975), коэффициент сопротивления C_x такого ПВД весьма велик как на дозвуковых, так и на сверхзвуковых режимах обтекания и близок к C_x цилиндра. Поэтому уменьшить силу сопротивления его сечения $X = C_x q S$, где q - скоростной напор, $S = hd$ - площадь поперечного сечения полуцилиндра, при заданной высоте h приемника, которая определяется выносом приемных отверстий относительно пограничного слоя фюзеляжа ЛА, можно только уменьшая его диаметр d . Однако, для ПВД, устанавливаемого на ЛА, его диаметр определяется диаметрами пневмотрасс, отходящих от всех групп отверстий, а также диаметрами трубчатых электронагревателей (ТЭНов) противообледенительной системы. Диаметр пневмотрасс и ТЭНов не могут быть меньше некоторых минимальных значений, которые для пневмотрасс определяются величиной гидродинамического запаздывания, а для ТЭНов - предельными значениями плотности потока тепла и температуры поверхности электронагревателей. В результате указанных факторов и большой конструктивной насыщенности внутренних объемов ПВД диаметр цилиндрического стержня не может быть сделан достаточно малым, чтобы значительно снизить аэродинамическое сопротивление этого ПВД.

2. Как известно (см., например, Bragg M.B., Gregorek G.M., Lee J.D. Airfoil Aerodynamic in Icing Conditions. J.Aircraft, vol.23, No.1, 1986), льдообразование на ЛА при полете в атмосфере происходит, в первую очередь, в областях, прилегающих к точкам торможения и отрыва потока, где поток также является заторможенным. Поскольку лобовая поверхность цилиндра, где поток является заторможенным, занимает значительную часть данного ПВД то для предотвращения льдообразования необходимо подводить весьма значительную

тепловую энергию в эту область. Кроме того, так как обтекание подветренной части данного ПВД, происходит всегда с отрывом потока, где он тормозится, то и в эту область необходимо подводить дополнительную энергию для предотвращения льдообразования. Для других тел, где отрыв отсутствует или не является таким интенсивным, эти потери тепловой энергии могут быть существенно уменьшены. В то же время, по конструктивным и аэродинамическим соображениям для ряда компоновок ЛА необходимость установки ПВД на ЛА перед входом в воздухозаборник имеет место.

3. Как известно, установка даже весьма малых тел или поверхностей перед входом в воздухозаборник двигателя ЛА, может приводить к очень большим потерям силы тяги двигателя (Затолока В.В., Иванюшкин А.К., Николаев А.В. Интерференция вихрей со скачком уплотнения в воздухозаборнике. Разрушение вихрей. Ученые записки ЦАГИ, том VI, N 2, 1975). Причина этого вредного воздействия заключается во влиянии расширяющегося отрывного следа от этого тела или поверхности на потери полного давления в воздухозаборнике. Хотя вихри за данным телом ПВД не являются концентрированными, но расширение следа за таким ПВД все же приводит к заметным потерям полного давления в воздухозаборнике, что может, как показывают эксперименты, приводить к 2-3% потерь силы тяги двигателей. Существуют тела, которые можно использовать в качестве тела ПВД, где таких больших потерь можно избежать.

Характеристики предлагаемого ПВД позволяют уменьшить потери, вызванные вышеперечисленными причинами, когда не требуется производить прямых измерений полного и статического давления.

14 08.07.99
Техническим результатом является:

- уменьшение аэродинамического сопротивления;
- уменьшение потребной мощности противообледенительной системы;
- снижение вредного воздействия на воздухозаборники двигателей ПВД, предназначенных для различных ЛА.

Технический результат достигается тем, что приемник воздушного давления, содержащий корпус с приемными отверстиями, размещенными по периферии сечения, соединенными пневмотрассами со штуцерами и с расположенными внутри корпуса электронагревателями противообледенительной системы, выполняется таким образом, что поперечные сечения корпуса имеют вид специализированного аэродинамического профиля.

При применении ПВД на малых дозвуковых скоростях или только больших сверхзвуковых скоростях отверстия для увеличения чувствительности ПВД к измеряемым параметрам все приемные отверстия могут быть размещены на расстоянии от носка аэродинамического профиля до его максимальной толщины.

Для применения ПВД при околосзвуковых скоростях аэродинамический профиль может иметь донный срез, на котором расположены дополнительные отверстия для отбора давления, соединенные дополнительными каналами к дополнительным штуцерам. За счет отсутствия явления трансзвуковой стабилизации на донном срезе на таком ПВД имеется возможность повысить точность измерения статического давления и числа M при околосзвуковых числах Маха.

Для применения при дозвуковых скоростях аэродинамический профиль может иметь скругленную переднюю кромку. Тем самым достигается уменьшение аэродинамического сопротивления и

уменьшение потребной мощности противообледенительной системы за счет имеющейся в данном случае потенциальной возможности поместить ТЭНы непосредственно в носке аэродинамического профиля, наиболее подверженном льдообразованию.

Для применения при сверхзвуковых скоростях для уменьшения аэродинамического сопротивления аэродинамический профиль может иметь острую переднюю кромку.

Для уменьшения потерь тепловой энергии противообледенительной системы электронагреватели противообледенительной системы могут быть смещены к передней кромке аэродинамического профиля.

Для уменьшения веса конструкции приемник воздушного давления может являться элементом собственно самого планера ЛА (например, консоли крыла, оперения и т.д.).

За счет того, что сечения корпуса выполнены в виде специализированного аэродинамического профиля, а не в виде цилиндра с лыской как на ПВД - прототипе, существенно уменьшается аэродинамическое сопротивление. Лобовая поверхность, где происходит торможение потока, на аэродинамическом профиле существенно меньше, чем на полуцилиндре, поэтому происходит заметная (на $25 \div 30\%$) экономия потребной мощности электронагревателей противообледенительной системы. Так как за аэродинамическим профилем отрывной след на малых (крейсерских) углах атаки практически отсутствует, а за полуцилиндром имеется развитый отрывной след, то тем самым хвостовая часть аэродинамического профиля практически не нуждается в подводе тепла для предотвращения льдообразования, в отличие от ПВД - прототипа. Тем самым по оценкам, дополнительно может быть сэкономлено $10 \div 15\%$ потребной мощности противообледенительной

M 08.07.99

системы. В результате отсутствия за аэродинамическим профилем отрывного следа на крейсерском режиме он практически не влияет на работу воздухозаборника двигателя.

За счет размещения приемных отверстий на расстоянии от носка аэродинамического профиля до его максимальной толщины на малых дозвуковых скоростях полета или больших сверхзвуковых скоростях повышается чувствительность ПВД к измеряемым параметрам.

За счет того, что аэродинамический профиль может иметь донный срез с расположенными на нем отверстиями для измерения давления, на околозвуковых скоростях достигается повышение точности измерения статического давления и числа M .

За счет применения на дозвуковых скоростях аэродинамического профиля со скругленной передней кромкой достигается расширение диапазона работы ПВД по углу атаки, уменьшение аэродинамического сопротивления, уменьшение потерь тепловой энергии, а также уменьшение его влияния на работу воздухозаборника двигателя.

За счет применения аэродинамического профиля с острой передней кромкой достигается при сверхзвуковых скоростях существенное уменьшение аэродинамического сопротивления, а также уменьшения влияния самого ПВД на воздухозаборник двигателя.

За счет смещения электронагревателей противообледенительной системы к передней кромке аэродинамического профиля достигается существенное уменьшение потерь тепловой энергии, а следовательно снижение потребляемой мощности, так как в этом случае электронагреватели обогревают непосредственно зону наиболее подверженную обледенению - носок аэродинамического профиля.

За счет выполнения приемника давления таким образом, что его корпус является элементом собственно самого планера ЛА (например, консоли крыла), может быть уменьшено аэродинамическое

сопротивление, вредное воздействие на воздушный забортник двигателя, а также несколько снижен вес конструкции.

На фиг.6 изображен общий вид одного из вариантов предлагаемого ПВД, в виде полукрыла с обратной стреловидностью.

На фиг.7 изображен вариант предлагаемого ПВД в виде прямого полукрыла с нулевой стреловидностью по передней и задней кромкам.

На фиг.8 показан пример предлагаемого ПВД в виде полукрыла с положительной стреловидностью по передней и задней кромкам.

На фиг.9,10,11 показаны примеры исполнения предлагаемого ПВД с отрицательной и положительной стреловидностью по передней кромке. На фиг.10 представлен вариант предлагаемого ПВД, оптимизированный для установки на магистральном пассажирском самолете среднего класса.

На фиг.12 показаны различные варианты профилей поперечного сечения ПВД.

На фиг.13 изображен один из вариантов предлагаемого ПВД с аэродинамическим профилем, имеющим донный срез, на котором имеется дополнительное отверстие для отбора давления.

На фиг.14 показан вариант предлагаемого ПВД с ТЭНами, смещенными к носу аэродинамического профиля.

Приемник воздушного давления состоит (фиг.6, 7, 8) из корпуса 14 с приемными отверстиями 15, 16, 17, размещенными по периферии сечения, соединенными пневмотрассами 18, 19, 20 со штуцерами 21, и с расположенными внутри корпуса 14 электронагревателями 22 противообледенительной системы, электропитание которых, осуществляется через электроразъем 23. Сечения корпуса 14 выполнены в виде аэродинамического профиля. Приемник крепится к фюзеляжу с помощью фланца 24.

11.08.07.99

Приемник воздушного давления работает следующим образом.

Давления, воспринимаемые приемными отверстиями 15, 16, 17 через штуцеры 21 передаются в блок датчиков, который преобразует давления в электрические сигналы. Эти электрические сигналы посылаются в блок обработки информации, в котором по градуировочным зависимостям определяются параметры потока (полета): P_0 , P_s , M , α . Для предотвращения льдообразования, которое может сильно исказить измерения или привести к отказу ПВД, через электроразъем 23 в электронагреватели 22 подается электрическая энергия. Электрические нагреватели 22 нагревают внешнюю оболочку корпуса 14, а также пневмотрассы 18, 19, 20, изготавливаемые, как правило, из весьма теплопроводимых материалов (например, никеля). Мощность электронагревателей и подводимой электроэнергии подбирается такой, чтобы предотвратить льдообразование на поверхности корпуса 14, в отверстиях 15, 16, 17 и в пневмотрассах 18, 19, 20.

Для повышения чувствительности измеряемых давлений и тем самым повышения точности, приемные отверстия 15, 16, 17 могут быть размещены на расстоянии X_c от носка аэродинамического профиля до его максимальной толщины C (фиг.12).

Для повышения точности измерения статического давления на околосвуковых числах Маха и, одновременно, снижения волнового сопротивления, аэродинамический профиль может иметь донный срез 25 (фиг.13), на котором расположены дополнительные отверстия 26, соединенные дополнительными каналами 27 к дополнительному штуцеру 28.

Для дополнительного снижения аэродинамического сопротивления при дозвуковых скоростях аэродинамический профиль корпуса 14 может иметь скругленную переднюю кромку (фиг.12).

14.07.99

Для дополнительного снижения аэродинамического сопротивления при сверхзвуковых скоростях аэродинамический профиль корпуса 14 может иметь острую переднюю кромку (фиг.12).

Для дополнительного уменьшения необходимой мощности противообледенительной системы электронагреватели 22 противообледенительной системы могут быть смещены к передней кромке аэродинамического профиля (фиг.14).

Для дополнительного уменьшения аэродинамического сопротивления, снижения вредного воздействия на воздухозаборники двигателя, а также веса, корпус 14 приемника воздушного давления, когда это позволяет конструкция ЛА, может являться элементом собственно самого планера летательного аппарата.

Для дополнительного расширения диапазона углов, в котором реализуются линейные законы изменения разности давлений по углу атаки, корпус предлагаемого ПВД может быть выполнен с отрицательной и положительной стреловидностью по передней кромке, а сечение, в котором имеются отверстия для измерения давлений, может проходить через точку излома передней кромки.

Вариант исполнения предлагаемого ПВД, оптимизированного для установки на магистральном самолете среднего класса представлен на фиг.10.

Использование изобретения позволяет добиться:

- уменьшения аэродинамического сопротивления;
- уменьшения необходимой мощности противообледенительной системы;
- снижения вредного воздействия на воздухозаборники двигателя.

Покажем это.

11 08 07 99

1. Как известно, коэффициент сопротивления C_x цилиндра, или полуцилиндра (см., например, Hoerner S.F. Fluid-dynamic drag. Published by the Author, 1965) в зависимости от режима обтекания в 30 и более раз больше, чем аэродинамического профиля при угле атаки, близком к нулю. При этом за характерный размер для цилиндра или полуцилиндра принимается его диаметр d , а за характерный размер для аэродинамического профиля его хорда b (фиг.4). Как показывают конструкторские проработки, при размещении пневмотрасс и электронагревателей противообледенительной системы такого же диаметра в предложенном ПВД, как и в ПВД - прототипе, аэродинамическая хорда b профиля поперечного сечения должна быть примерно в 3 раза больше, чем диаметр d ПВД - прототипа. Сила аэродинамического сопротивления при крейсерском режиме полета (для угла атаки близкого к нулю) может быть представлена в виде $X = C_x q S$, где $S = dh$ - характерная площадь для ПВД - прототипа, $S = bh$ - характерная площадь для предлагаемого ПВД, h - высота ПВД, q - скоростной напор. Поэтому сила аэродинамического сопротивления предлагаемого ПВД в 30 и более раз меньше, чем сила сопротивления ПВД - прототипа при той же величине скоростного напора q . Дополнительного уменьшения коэффициента сопротивления C_x , а следовательно и силы X можно добиться на дозвуковых скоростях применением специализированного аэродинамического профиля со скругленной передней кромкой, а на сверхзвуковых скоростях - с острой передней кромкой. Кроме того, при числах $M = 0.8 \div 0.9$ существенного уменьшения составляющей волнового сопротивления можно добиться путем уменьшения диффузорности в области задней кромки и отодвигания скачка уплотнения к задней кромке за счет наличия некоторого донного среза у аэродинамического профиля. Как показывают расчеты, коэффициент

сопротивления C_x таким образом может быть снижен в $2 \div 2.5$ раза, по сравнению, например, с обычным чечевицеобразным аэродинамическим профилем. Совершенно очевидно, что в том случае, когда корпус предлагаемого ПВД является элементом собственно самого планера ЛА (например консолью крыла или оперения), дополнительное аэродинамическое сопротивление отсутствует.

2. На предложенном ПВД по сравнению с ПВД - прототипом на крейсерских углах атаки, при $\alpha \approx 0$, существенно (в несколько раз) уменьшается лобовая поверхность, где происходит торможение потока. Кроме того, на крейсерских углах атаки или полностью отсутствует отрыв потока для аэродинамического профиля с острой задней кромкой или зона отрыва потока, где поток является заторможенным, весьма мала для аэродинамического профиля с донным срезом, по сравнению с донной областью ПВД - прототипа. В результате, как показывают оценки, мощность противообледенительной системы предлагаемого ПВД по сравнению с ПВД - прототипом может быть уменьшена на $25 \div 30\%$. Дополнительного снижения мощности (примерно на $10 \div 15\%$) можно добиться за счет смещения электронагревателей к передней кромке аэродинамического профиля.

3. На предлагаемом ПВД с аэродинамическим профилем с острой задней кромкой на крейсерских режимах полета практически отсутствует отрывной след, который может попадать в воздухозаборник двигателя, вызывая в нем потери полного давления, приводящие к соответствующим потерям силы тяги двигателя. По имеющимся оценкам для такого варианта предлагаемого ПВД потери силы тяги двигателя, по сравнению с ПВД - прототипом, могут быть уменьшены в $15 \div 20$ раз. Для случая, когда в предлагаемом ПВД

используется аэродинамический профиль с донным срезом, за ним имеется некоторый отрывной след, который может, попадая в воздухозаборник двигателя приводить к некоторым потерям полного давления в воздухозаборнике, и соответствующим потерям силы тяги двигателя. Однако, поскольку эта отрывная зона за предложенным ПВД - существенно меньше, чем за ПВД - прототипом, то эти потери все равно меньше, чем при наличии ПВД - прототипа. Оценки показывают, что в этом случае потери силы тяги двигателя могут быть уменьшены, по сравнению с ПВД - прототипом, в 8÷10 раз. Очевидно, что потери силы тяги двигателя от установки ПВД будут отсутствовать, когда корпус ПВД является элементом собственно самого планера летательного аппарата.

Таким образом, приведенные результаты оценочных расчетов и предварительных проектно-конструкторских проработок наглядно показывают преимущества по всем указанным выше параметрам и свойствам предлагаемого ПВД по сравнению с ПВД - прототипом.

Поскольку на ЛА, как правило имеются несколько таких ПВД, то это приводит к заметному снижению аэродинамического сопротивления, экономии потребляемой электрической энергии и уменьшению потерь силы тяги двигателей. Все это позволяет существенно повысить конкурентоспособность предлагаемого приемника воздушного давления.

III

Известен приемник воздушного давления, устанавливаемый на корпусе или фюзеляже ЛА, имеющий цилиндрическую трубку, устанавливаемую на стойке, имеющей искривленные передние и задние кромки, которые сближаются при приближении от основания стойки к трубке. Передняя кромка стойки может быть закруглена.

Приемник воздушного давления имеет отверстие в носовой части трубки для восприятия полного давления и отверстие для восприятия статического давления на некотором расстоянии от носка трубки. Приемник имеет нагреватель для предотвращения образования льда. (Patent: Aerodynamically Shaped Probe. International Publication Number WO 94/02858, International Publication 3 February 1994. Applicant: Rosemount Inc. (US). Priority data 20 July 1992).

Однако этот приемник воздушного давления не может быть применен для определения угла атаки, поскольку в нем отсутствуют отверстия для восприятия давления, с помощью которых угол атаки может быть измерен. Собственно, как следует из упомянутого выше патента, этот приемник для этих целей и не предназначен.

Наиболее близким из известных технических решений является фюзеляжный ПВД для определения параметров полета (потока) - угла атаки α , полного P_0 и статического P_s давлений, и следовательно числа Маха M , представляющий собой удлиненное осесимметричное тело с конической или оживальной головной частью, где расположено отверстие для восприятия полного давления, переходящей в круговой цилиндр, на поверхности которого расположены отверстия для восприятия статического давления. Далее эта цилиндрическая поверхность переходит в коническую, на которой расположены отверстия для восприятия давления, которому ставится в соответствие угол атаки, а затем - опять в цилиндрическую. Для крепления к фюзеляжу или к корпусу ЛА приемник имеет стойку, поперечное сечение которой имеет чечевицеобразный профиль (United States Patent: Pressure Sensor for Determining Airspeed Altitude and Angle of Attack. Number 4,378,696, Apr. 5, 1983. Assignee: Rosemount Inc. Filed: Feb. 23, 1981).

Недостатками  ного ПВД являются:

11

08.07.99

- усложненность конструкции;
- увеличенные габаритные размеры;
- повышенная потребная мощность обогревательной противообледенительной системы;
- низкая чувствительность давлений, измеряемых в отверстиях, расположенных на конической части (и предназначенных для определения α), по углу атаки, что приводит к повышенным погрешностям определения угла атаки.

Отмеченные недостатки обусловлены тем, что на данном ПВД отверстия для измерения полного давления и статического давления расположены только на осесимметричном теле, которое имеет еще дополнительный конический участок, на котором расположены отверстия для измерения угла атаки, а также тем обстоятельством, что в стойке проходят электронагревательные элементы, хотя на ней и нет отверстий для измерения давлений.

Технический результат заключается в следующем:

- уменьшение аэродинамического сопротивления стойки и осесимметричного тела ПВД;
- уменьшение потребной мощности обогревательной противообледенительной системы;
- упрощение конструкции;
- уменьшение габаритных размеров осесимметричного тела;
- повышение точности определения угла атаки;
- повышение точности измерения статического давления на трансзвуковых режимах обтекания.

Технический результат достигается тем, что приемник воздушного давления, содержащий три группы отверстий для определения полного давления, статического давления и угла атаки,

14.07.99

осесимметричное тело и стойку для крепления с расположенными внутри них пневмотрассами и электронагревательными элементами противообледенительной системы, выполняется таким образом, что приемные отверстия для измерения угла атаки располагаются на стойке выше осесимметричного тела по отношению к основанию стойки. Такое расположение отверстий для измерения местного угла атаки позволяет уменьшить влияние угла скольжения на измерение местного угла атаки. Это достигается за счет того, что вихревой след от осесимметричного тела при наличии скольжения ЛА не попадает на отверстия для измерения угла атаки.

Для дополнительного уменьшения аэродинамического сопротивления стойки ПВД при сверхзвуковых скоростях полета ее поперечные сечения могут иметь сверхзвуковой аэродинамический профиль с заостренной передней кромкой.

Для дополнительного уменьшения аэродинамического сопротивления стойки ПВД при дозвуковых скоростях полета ее поперечные сечения могут иметь дозвуковой аэродинамический профиль со скругленным носком.

Для расширения диапазона определения угла атаки внешняя поверхность стойки может представлять собой круговую цилиндрическую поверхность.

Для повышения чувствительности и тем самым точности определения угла атаки приемные отверстия для измерения угла атаки на стойке могут располагаться от ее носка до максимальной толщины аэродинамического профиля.

Для уменьшения потребной мощности обогревательной противообледенительной системы электронагревательные элементы внутри стойки могут быть смещены к передней кромке

аэродинамического профиля, который, как известно, наиболее подвержен обледенению.

Для повышения точности определения статического давления при трансзвуковых скоростях потока, аэродинамический профиль стойки может иметь донный срез, на котором расположены дополнительные отверстия для отбора статического давления.

Для упрощения конструкции, уменьшения аэродинамического сопротивления стойка может являться элементом собственно самого планера ЛА.

Для дополнительного упрощения конструкции отверстия для отбора статического давления могут располагаться не на осесимметричном теле, а на специальной плите, устанавливаемой заподлицо на фюзеляже летательного аппарата.

За счет того, что влияние изменения угла атаки на величину давлений, измеряемых на аэродинамическом профиле, существенно выше, чем конусе, то погрешность измерения угла для предлагаемого ПВД существенно меньше, чем для ПВД- прототипа, особенно при расположении отверстий вблизи него.

Кроме того, за счет переноса отверстий для измерения угла атаки с осесимметричного тела на стойку существенно упрощается конструкция осесимметричного тела, уменьшается его диаметр и аэродинамическое сопротивление.

Уменьшение аэродинамического сопротивления стойки достигается за счет применения соответствующего (дозвукового или сверхзвукового) аэродинамического профиля. За счет смещения электронагревателей противообледенительной системы к носку профиля стойки, наиболее подверженную обледенению, может быть существенно снижена мощность, необходимая для обогрева. Так как в области донного среза аэродинамического профиля отсутствует

явление трансзвуковой стабилизации давлений; то наличие отверстий для отбора статического давления в донной области может существенно повысить точность измерения давления при трансзвуковых скоростях потока. Расположение отверстий для отбора статического давления на специальной плите на поверхности фюзеляжа также существенно упрощает конструкцию ПВД и может снижать необходимую мощность противообледенительной системы, поскольку это существенно укорачивает осесимметричное тело, а плита не столь подвержена обледенению, как осесимметричное тело.

На фиг.15 изображен общий вид одного из вариантов предлагаемого ПВД.

На фиг.16 изображены варианты предлагаемого ПВД, у которых поперечное сечение стойки имеет вид сверхзвукового аэродинамического профиля.

На фиг.17 изображены варианты предлагаемого ПВД, у которых поперечное сечение стойки имеет вид дозвукового аэродинамического профиля.

На фиг.18 изображен один из вариантов ПВД, у которого поперечное сечение стойки имеет вид кругового цилиндра.

На фиг.19 показан один из вариантов ПВД, у которого отверстия для определения угла атаки расположены на расстоянии от носка стойки до максимальной толщины аэродинамического профиля.

На фиг.20 показан вариант смещения электронагревателей противообледенительной системы к передней кромке аэродинамического профиля стойки.

На фиг.21 изображены варианты аэродинамических профилей стойки с донным срезом, с расположенными на нем отверстиями для измерения давления, которому ставится в соответствие статическое давление.

На фиг.22,23 показаны варианты выполнения предлагаемого ПВД с отверстиями для отбора статического давления, расположенными на специальной плите. Представленный на фиг.23 вариант предлагаемого ПВД оптимизирован для установки его на пассажирском магистральном или транспортном самолете среднего класса.

На фиг.24 приведен пример зависимости углового градуировочного коэффициента $\alpha = (P_6 - P_7) / (P_2 - P_3)$ для определения угла атаки для предлагаемого ПВД, а также для ПВД - прототипа, у которого отверстия для определения угла атаки расположены на конической части осесимметричного тела, где P_i - давления, измеряемые в соответствующих i - тых отверстиях. Цифрами 2 и 3 обозначены отверстия, расположенные соответственно в носовой части и на цилиндрической поверхности осесимметричного тела, как на предлагаемом ПВД, так и на ПВД - прототипе; цифрами 6 и 7 обозначены отверстия, расположенные на стойке в предлагаемом ПВД или на конической части осесимметричного тела у ПВД - прототипа.

На фиг.25 показано изменение по числу Маха отношения P_{31}/P_{30} давлений, измеряемых соответственно: P_{31} - на цилиндрическом участке осесимметричного тела, P_{30} - в носовой части осесимметричного тела, и изменение по числу Маха отношения P_{41}/P_{30} , где P_{41} - давление в донной области аэродинамического профиля стойки.

Приемник воздушного давления (фиг.15÷20) состоит из осесимметричного тела 29, в носовой части которого расположено отверстие 30 для определения полного давления, на боковой поверхности расположены отверстия 31 для восприятия статического давления. Внутри осесимметричного тела 29 находятся трубчатые электронагреватели (ТЭНы) 32 противообледенительной системы. Осесимметричное тело 29 крепится к стойке 33, выше

осесимметричного тела по отношению к основанию стойки расположены отверстия 34, 35 для определения угла атаки, а внутри стойки расположены ТЭНы 36. Для резервирования отверстий на верхней и нижней поверхности поперечного сечения стойки может быть расположено по несколько отверстий 34, 35. ПВД может крепиться к фюзеляжу с помощью фланца 37. Давления из отверстий 30, 31, 34, 35 выводятся из ПВД с помощью пневмотрасс 38 и штуцеров 39, а обогрев осесимметричного тела и стойки ПВД с помощью электронагревателей 32, 36 осуществляется через электроразъем 40.

Приемник воздушного давления работает следующим образом. Давления, воспринимаемые отверстиями 30, 31, 34, 35, через штуцеры 39 передаются в блок датчиков, который преобразует давления в электрические сигналы. Эти электрические сигналы посылаются в блок обработки информации, в котором по градуировочным зависимостям определяются параметры потока (полета): P_o , P_s , α . Для предотвращения льдообразования, которое может сильно исказить измерения или привести к закупорке отверстий и отказу ПВД, через электроразъем 40 в ТЭНы 32 и 36 подается электрическая энергия. ТЭНы 32 и 36 нагревают внешнюю оболочку осесимметричного тела 29 и стойки 33, а также пневмотрассы 38, изготавливаемые, как правило, из весьма теплопроводных материалов (например, никеля). Мощность ТЭНов и подводимой электроэнергии подбирается такой, чтобы предотвратить льдообразование на поверхностях осесимметричного тела 29, стойки 33 и в отверстиях 30, 31, 34, 35.

Для повышения точности измерения статического давления в области чисел Маха, близких к единице, когда в отверстиях для восприятия статического давления на осесимметричном теле наступает стабилизация давления, аэродинамический профиль стойки может

иметь донный срез на котором имеются дополнительные отверстия 41 для отбора донного давления (фиг.21). Через пневмотрассу 42 отверстия 41 соединены с дополнительным штуцером 43. Донное давление не подвержено явлению стабилизации (фиг.25) и на основе заранее проведенных градуировок ему ставится в соответствие статическое давление.

Для упрощения конструкции осесимметричного тела и дополнительного уменьшения мощности, потребляемой ТЭНами ПВД, отверстия 44 для восприятия статического давления (фиг.22, 23) могут располагаться на специальной плите 45, которая может находиться на фюзеляже ЛА.

Для уменьшения потребной мощности ТЭНов противообледенительной системы они могут быть смещены к носовой части стойки, которая наиболее подвержена обледенению (фиг.20).

Вариант исполнения предлагаемого приемника воздушного давления, оптимизированный магистральных или транспортных самолетов среднего класса представлен на фиг.23.

Использование изобретения на ЛА позволяет добиться:

- упрощения конструкции;
- уменьшения габаритных размеров;
- снижения аэродинамического сопротивления;
- уменьшения потребной мощности противообледенительной системы ПВД;
- снижения веса;
- увеличения точности измерения угла атаки.

Покажем это.

1.Упрощение конструкции достигается тем, что отверстия для отбора давления, на основе которых определяется угол атаки, размещаются не на осесимметричном теле ПВД, где еще размещены



отверстия для отбора полного и статического давлений, а на стойке ПВД (фиг.15). Поскольку от каждой из указанных групп отверстий отходят пневмотрассы и внутри осесимметричного тела и стойки должны располагаться еще и электронагревательные элементы противообледенительной системы, то конструктивная насыщенность ПВД является весьма высокой. В результате переноса отверстий для измерения угла атаки с осесимметричного тела на стойку, конструктивная насыщенность снижается, выполнение осесимметричного тела и всего предлагаемого ПВД со стойкой существенно упрощается.

2.В результате переноса отверстий для отбора давлений, по которым определяется угол атаки, с осесимметричного тела на стойку существенно уменьшается диаметр d осесимметричного тела (фиг.15). Проведенные конструкторские проработки показывают, что диаметр осесимметричного тела предлагаемого ПВД, по сравнению с ПВД - прототипом (при тех же диаметрах внутренних трасс и электронагревательных элементов; только из-за отсутствия конического участка на осесимметричном теле) может быть уменьшен примерно на 25%.

Кроме того, в результате отсутствия на осесимметричном теле предлагаемого ПВД конического участка, на нем отсутствует дополнительный подпор, который реализуется на ПВД - прототипе в области расположения отверстий для измерения статического давления. В результате при той же точности измерения статического давления (без введения поправок) длина l (фиг.15) осесимметричного тела до стойки может быть выполнена на предлагаемом ПВД меньшей, чем на ПВД - прототипе. Оценки показывают, что это уменьшение длины составляет примерно 20%.

3. Аэродинамическое сопротивление осесимметричного тела может быть представлено в виде формулы $D = C_x q S$, где C_x - коэффициент сопротивления, q - скоростной напор, S - характерная площадь. Для осесимметричного тела ПВД за характерный размер может быть принята площадь его миделева сечения $S = \pi d^2 / 4$, где d - диаметр миделева сечения. Таким образом, если бы осесимметричное тело предлагаемого ПВД было бы геометрически подобно осесимметричному телу ПВД - прототипа (т.е. при сохранении той же величины C_x , то при тех же скоростных напорах (т.е. при той же величине скорости V и числа Маха M) в результате уменьшения диаметра d на 25% (см. выше пункт 2) сопротивление осесимметричного тела предлагаемого ПВД уменьшилось бы примерно на 45%. Но так как форма осесимметричного тела предлагаемого ПВД не имеет дополнительных уступов (конического участка с последующим утолщением диаметра, как у ПВД - прототипа), то на нем не будет присутствовать отрыв потока и появление скачков уплотнения за коническим участком. Таким образом, как показывают оценки, величина коэффициента сопротивления осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть снижена примерно на 7÷10%. В результате сопротивление осесимметричного тела предлагаемого ПВД составляет примерно 50% от ПВД - прототипа.

За счет применения специализированного дозвукового аэродинамического профиля, настроенного на крейсерский режим полета, аэродинамическое сопротивление стойки также может быть существенно снижено.

4. Потребная мощность обогревательной противообледенительной системы осесимметричного тела предлагаемого ПВД также может быть заметно снижена, по сравнению с осесимметричным телом ПВД

- прототипа. Потребная мощность при той же теплоотдаче осесимметричного тела и той же температуре поверхности пропорционально площади его боковой поверхности, $\pi d \ell$, т.е. линейно зависит от диаметра d ПВД и длины ℓ . Так как в соответствии с п.2 диаметр d осесимметричного тела предлагаемого ПВД может быть уменьшен на 25%, а его длина на 20%, то общее уменьшение потребной мощности противообледенительной системы составляет примерно 40%, по сравнению с осесимметричным телом ПВД - прототипа.

Дополнительное снижение потребной мощности на обогрев может быть получено при расположении отверстий для измерения статического давления на специальной плите. Такая плита располагается заподлицо к поверхности, где давление близко к статическому. А поскольку обледенению в первую очередь подвержены области торможения, например, где давление близко к полному, то она может не обогреваться. За счет же отсутствия отверстий для измерения статического давления на осесимметричном теле, оно может быть выполнено весьма коротким, так что потребная мощность на обогрев осесимметричного тела может быть снижена в несколько раз, по сравнению с указанной выше.

5.Повышение точности измерения угла атаки на предлагаемом ПВД, по сравнению с ПВД - прототипом, достигается в результате того, что отверстия для отбора давлений, по которым определяется угол атаки, располагаются на стойке, имеющей поперечные сечения в виде аэродинамического профиля, а не на коническом участке осесимметричного тела. Из приведенных на фиг.24 зависимостей углового коэффициента (α), полученных на основе экспериментальных данных, видно, что производная / для отверстий

на аэродинамическом профиле в диапазоне углов атаки $\alpha = 0 \div 20^\circ$ существенно (в ≈ 5 раз) больше, чем для отверстий, расположенных на конической поверхности осесимметричного тела ПВД - прототипа. Погрешность определения угла атаки может быть записана в виде $\delta\alpha = d\alpha/d\alpha \cdot \delta p/q$, где q - скоростной напор, δp - погрешность измерения перепада давлений $P_{35} - P_{34}$. Таким образом, при погрешности реальных датчиков давления $p = 0.15$ мм рт. ст. при $M = 0.2$ погрешность измерения угла атаки на предлагаемом ПВД в указанном диапазоне углов атаки составит величину 0.08° , а для ПВД - прототипа - 0.4° . Таким образом, точность определения угла атаки для предлагаемого ПВД возрастает в 5 раз.

6. Так как на предлагаемом ПВД имеется возможность отбирать донное давление со стороны донного среза аэродинамического профиля стойки, а донное давление является монотонной функцией числа Маха и не подвержено явлению трансзвуковой стабилизации (сравнить характер изменений величин P_{41}/P_{30} и P_{31}/P_{30} на фиг. 25), то в данном варианте предлагаемого ПВД точность измерения статического давления при $M \approx 1.0$, как показывают эксперименты, может быть увеличена на порядки.

Таким образом, приведенные результаты расчетных и экспериментальных исследований и конструкторско-проектировочных проработок наглядно показывают преимущества по всем указанным выше параметрам и свойствам предлагаемого ПВД по сравнению с ПВД - прототипом.

Поскольку на самолете, как правило, имеется несколько таких ПВД, то это приводит к заметному снижению веса, аэродинамического сопротивления и экономии потребляемой электрической энергии при одновременном повышении точности

измерения угла атаки. Все это позволяет существенно повысить конкурентоспособность предложенного приемника воздушного давления.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ.

1. Приемник воздушного давления, содержащий три группы отверстий для определения полного давления, статического давления и угла атаки, осесимметричное тело и стойку для крепления с расположенными внутри них пневмотрассами и электронагревательными элементами, отличающийся тем, что отверстия для определения угла атаки расположены на стойке, а отверстия для измерения статического давления на плите перед стойкой.

46 2. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что осесимметричное тело заканчивается и плавно сопрягается со стойкой в области ее максимальной толщины.

3. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что плита с отверстиями для измерения статического давления выполнена отдельно от осесимметричного тела со стойкой.

4. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что поперечные сечения стойки имеют сверхзвуковой аэродинамический профиль с заостренной передней кромкой.

5. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что поперечные сечения стойки имеют дозвуковой аэродинамический профиль со скругленным носком.

6. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что внешняя поверхность стойки представляет собой цилиндрическую поверхность.

7. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что отверстия для измерения угла атаки на стойке

располагаются от ее носка до максимальной толщины аэродинамического профиля.

8. Приемник воздушного давления по пункту 1, отличающийся тем, что электронагревательные элементы внутри стойки смещены к ее носку.

9. Приемник воздушного давления, содержащий корпус с приемными отверстиями, размещенными по периферии сечения, соединенными пневмотрассами со штуцерами, и с расположенными внутри корпуса электронагревателями противообледенительной системы, отличающийся тем, что поперечные сечения корпуса выполнены в виде аэродинамического профиля.

10. Приемник воздушного давления по пункту 9, отличающийся тем, что аэродинамический профиль имеет донный срез, на котором расположены дополнительные отверстия для отбора давления, соединенные дополнительными каналами с дополнительными штуцерами.

11. Приемник воздушного давления по пункту 9, отличающийся тем, что стойка является элементом собственно самого планера летательного аппарата.

12. Приемник воздушного давления по п.9 отличающийся тем, что передняя кромка корпуса имеет отрицательную и положительную стреловидность, а отверстия для восприятия давлений расположены в сечении, проходящим в области излома передней кромки корпуса.

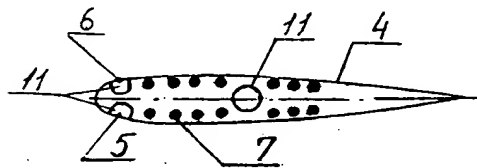
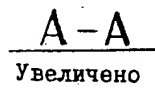
13. Приемник воздушного давления, содержащий три группы отверстий для определения полного давления, статического давления и угла атаки, осесимметричное тело и стойку для крепления с расположенными внутри них пневмотрассами и электронагревательными элементами, отличающийся тем, что приемные отверстия для определения угла атаки расположены на

М 08.07.99

стойке выше осесимметричного тела по отношению к основанию стойки.

48





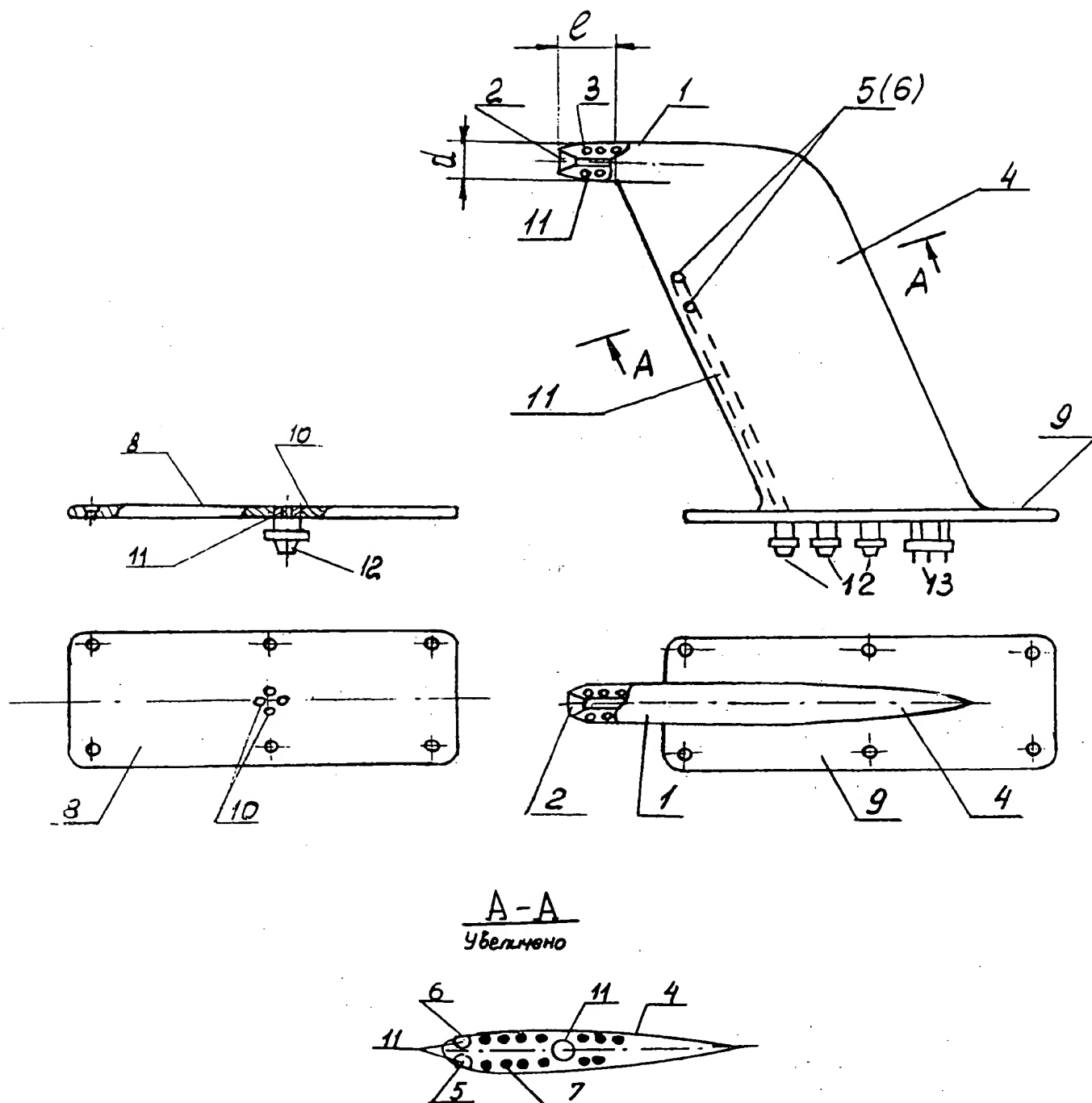
Фиг. 1



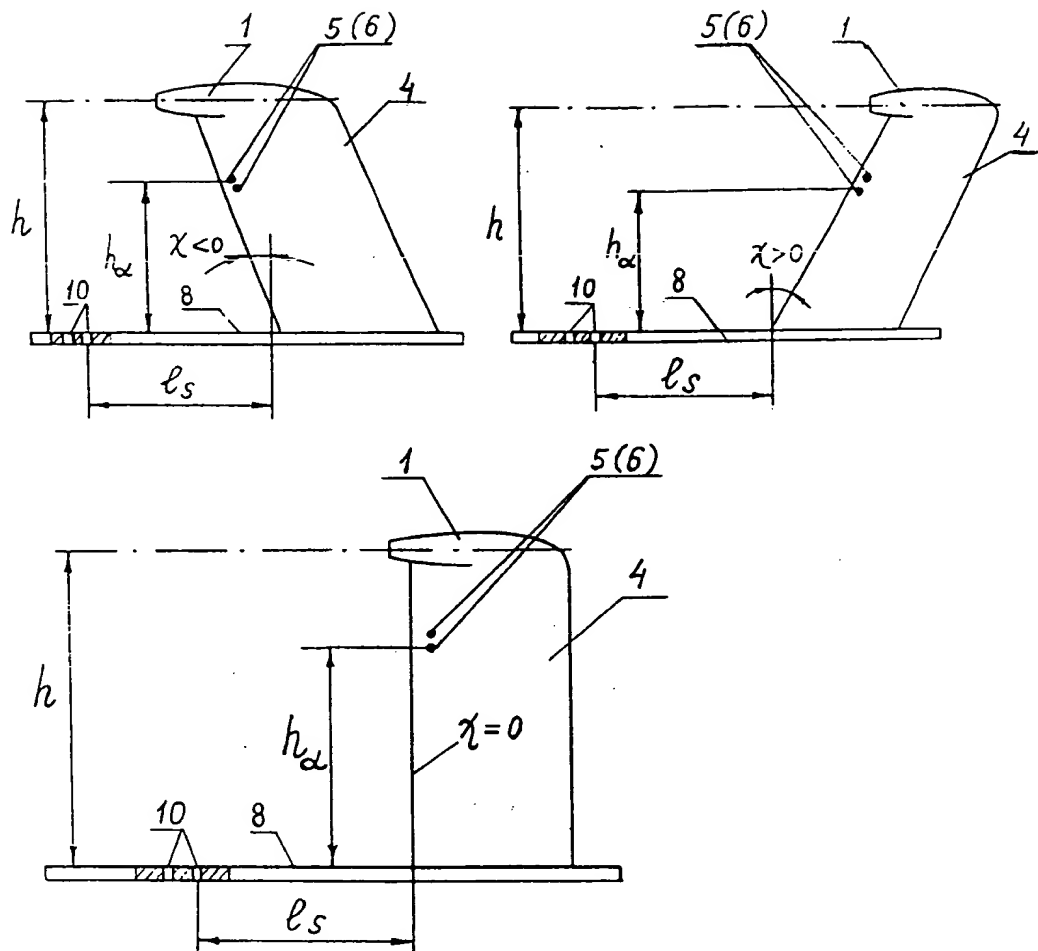
Примечания:

- 1) Сечения А-А, В-В, С-С увеличены.
- 2) В сечениях показаны только внешние контуры тела I и стойки 4.

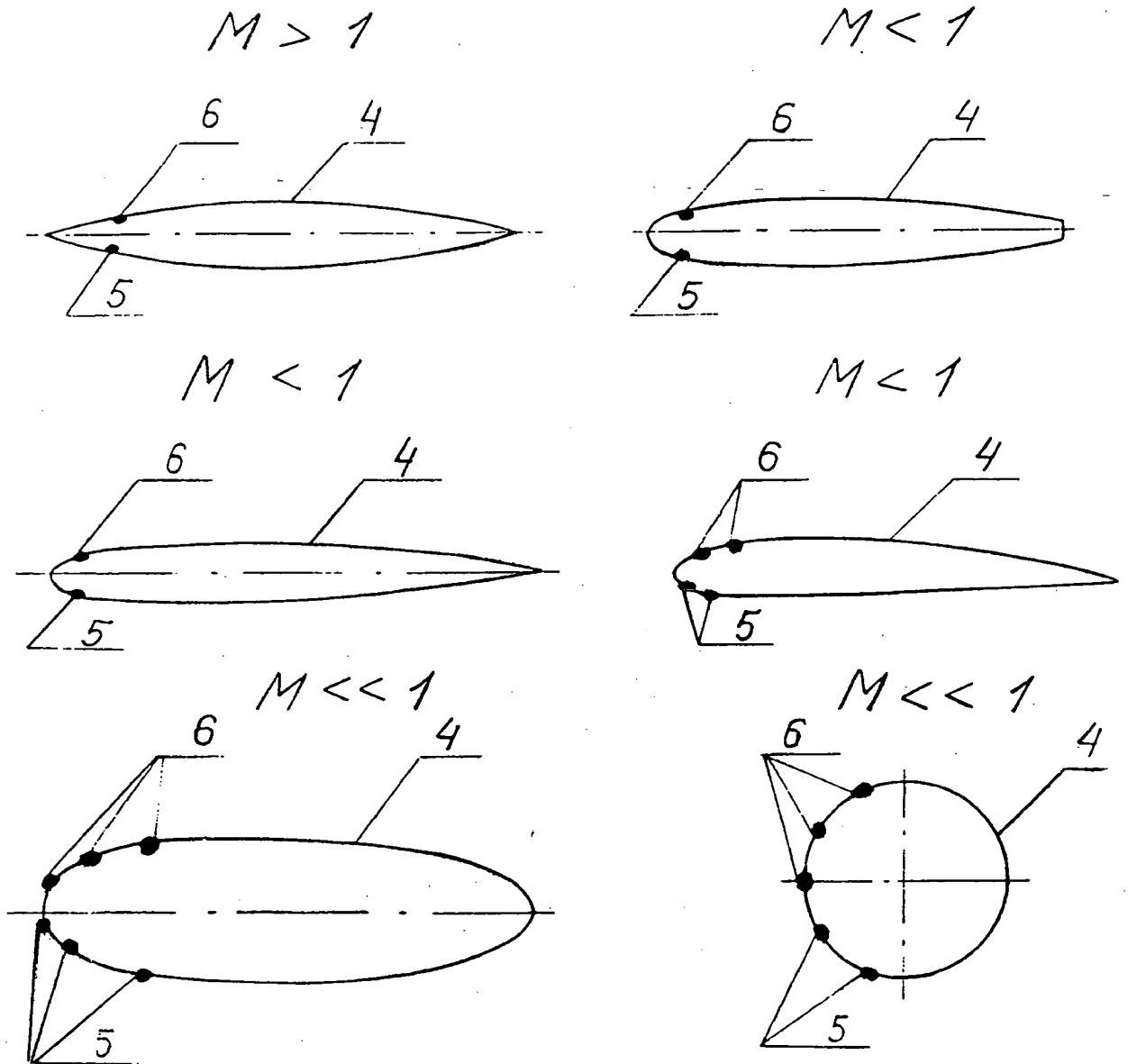
Фиг. 2.



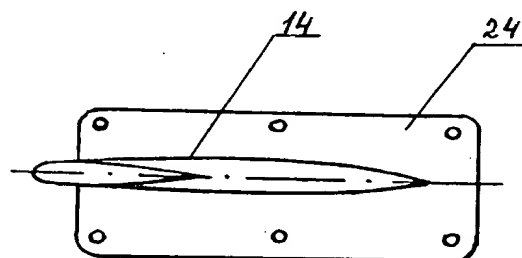
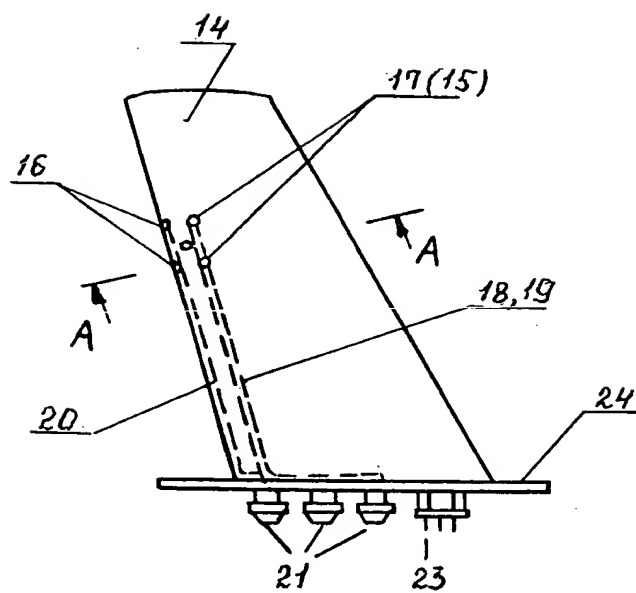
Фиг. 3.



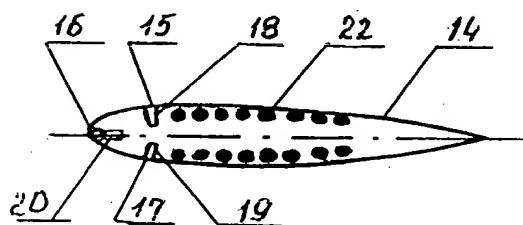
Фиг. 4.



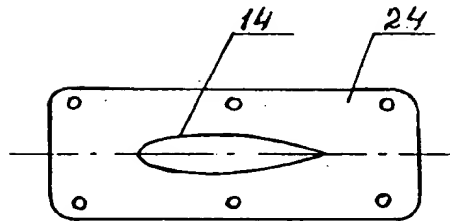
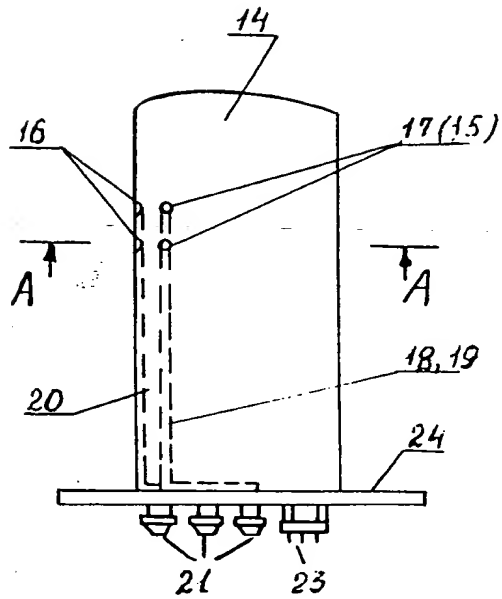
Фиг 5.



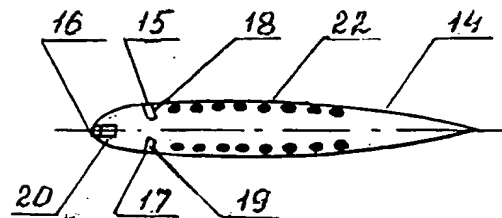
A - A
Увеличено



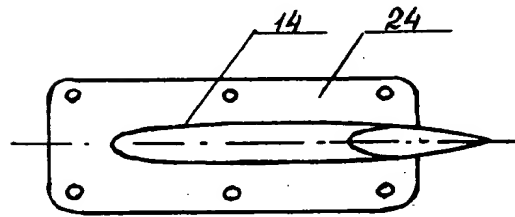
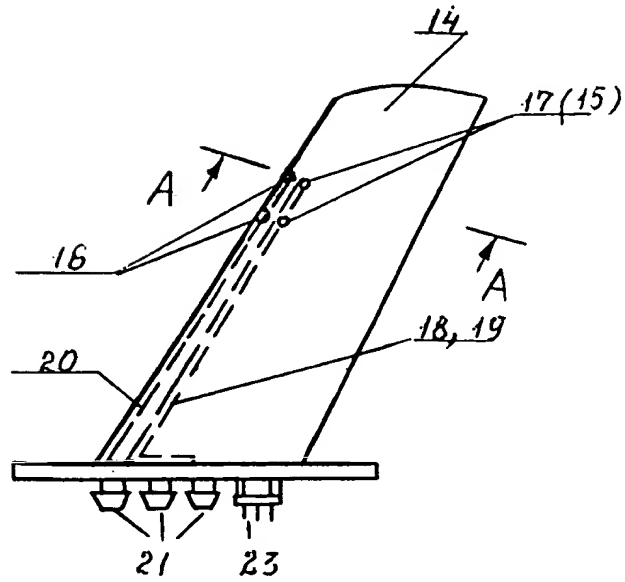
Фиг. 6



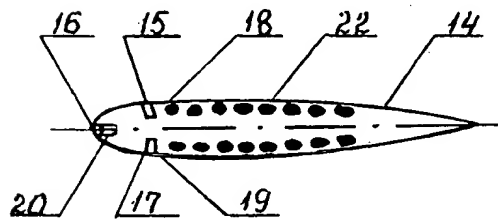
A — A
Увеличено



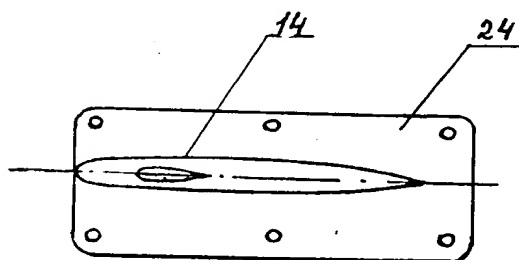
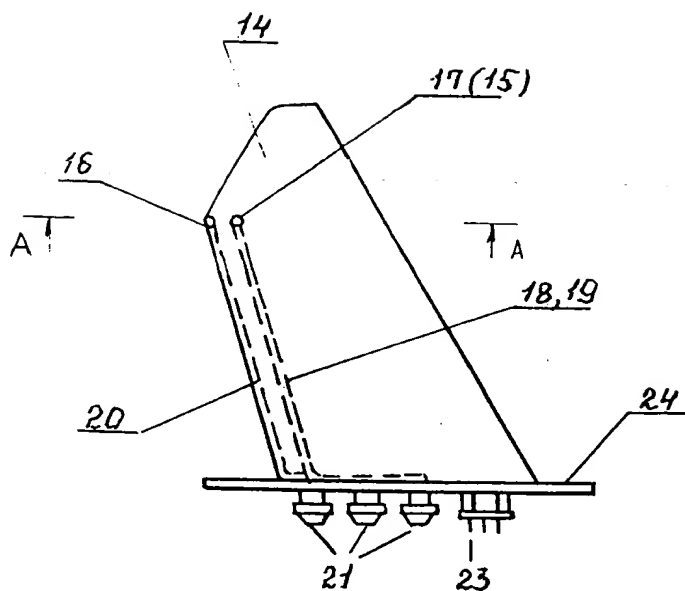
Фиг. 7



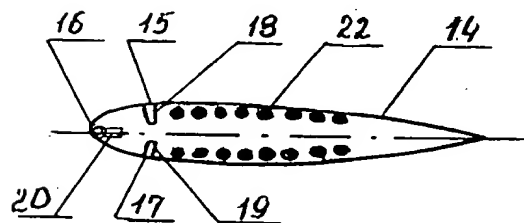
A - A
Увеличено



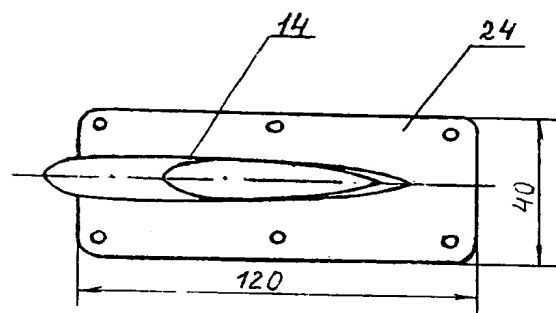
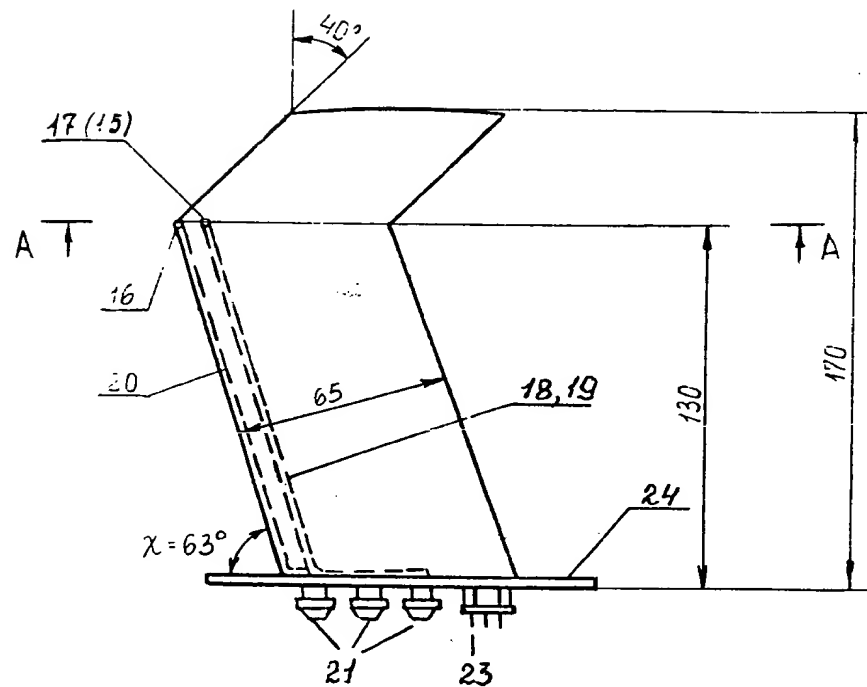
Фиг. 8



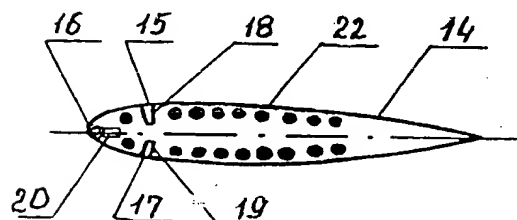
A - A
Увеличено



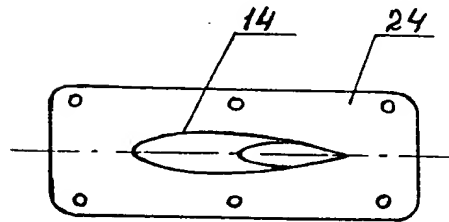
Фиг. 9



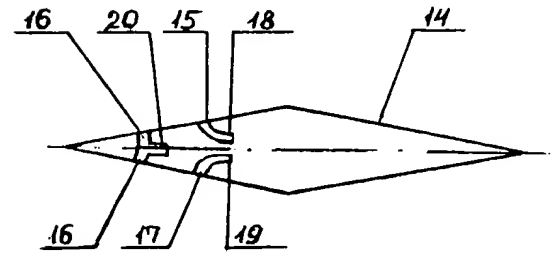
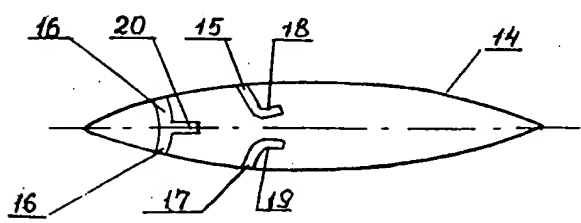
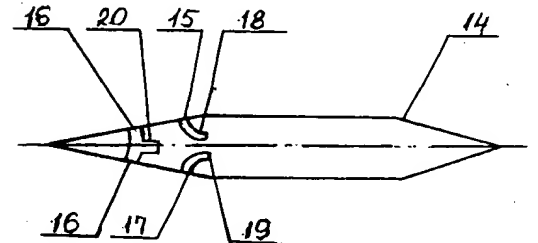
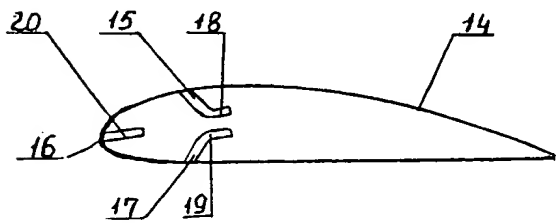
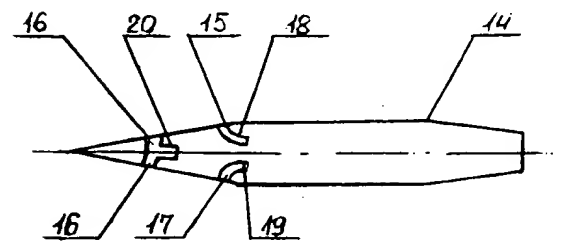
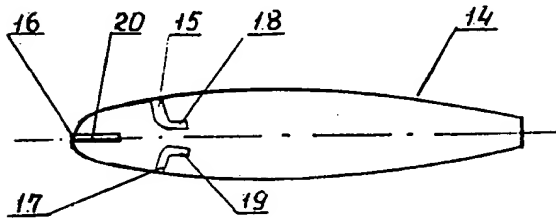
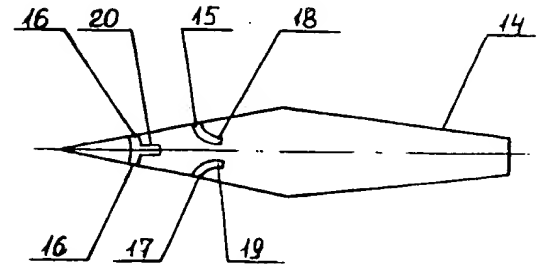
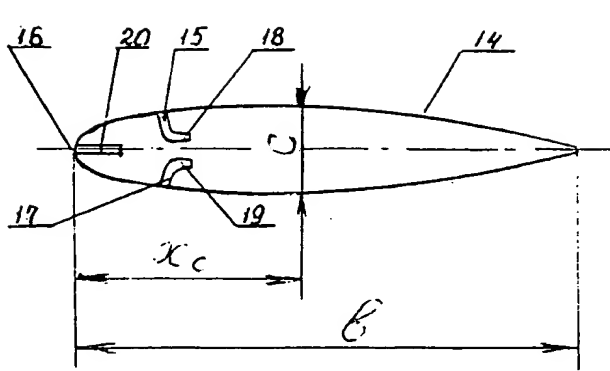
A - A
Увеличено



Фиг. 10

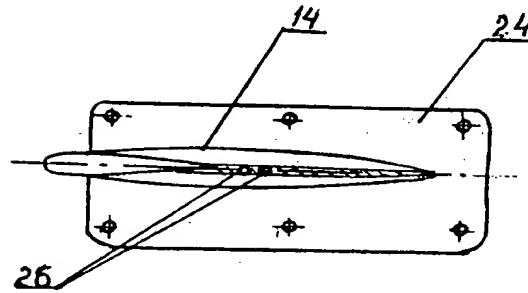
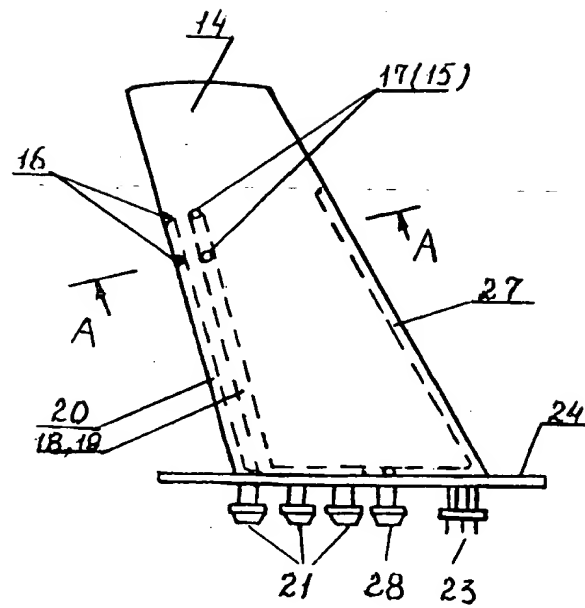


ФИГ. 11

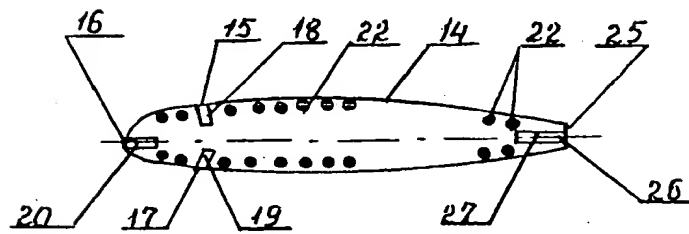


Фиг. 12

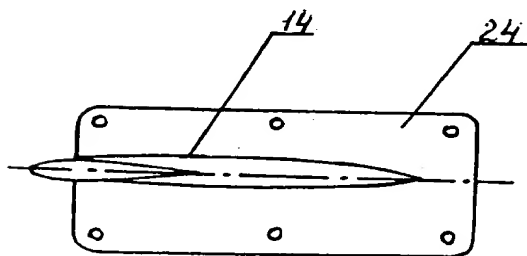
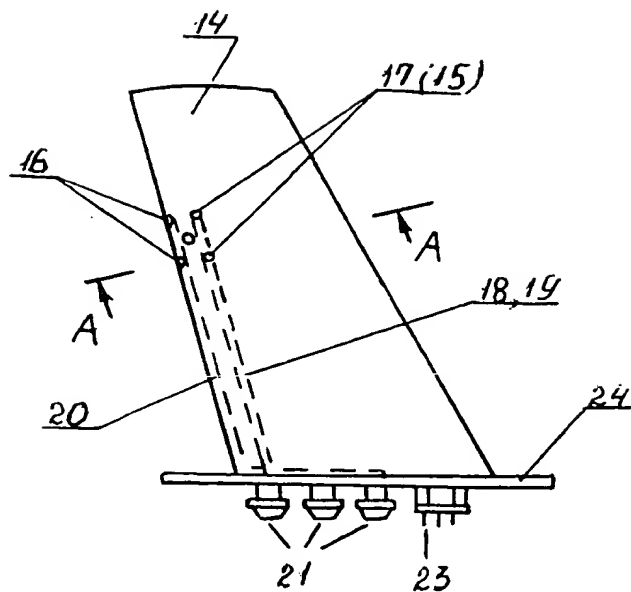
11 80799



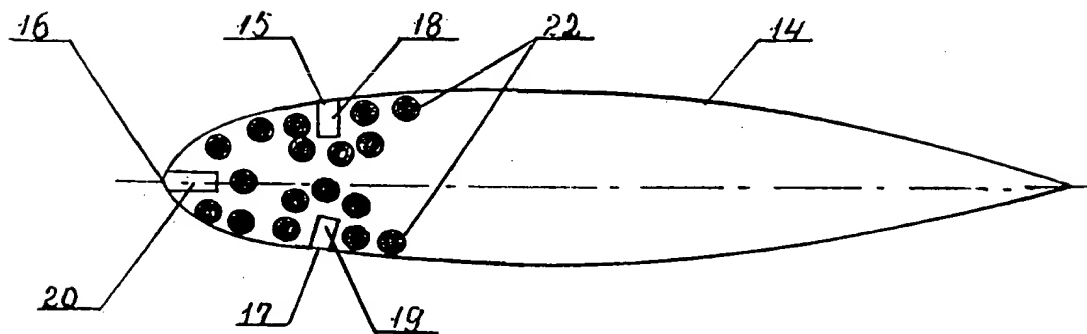
A-A
Увеличено



Фиг.13



A - A
увеличено



Фиг. 14

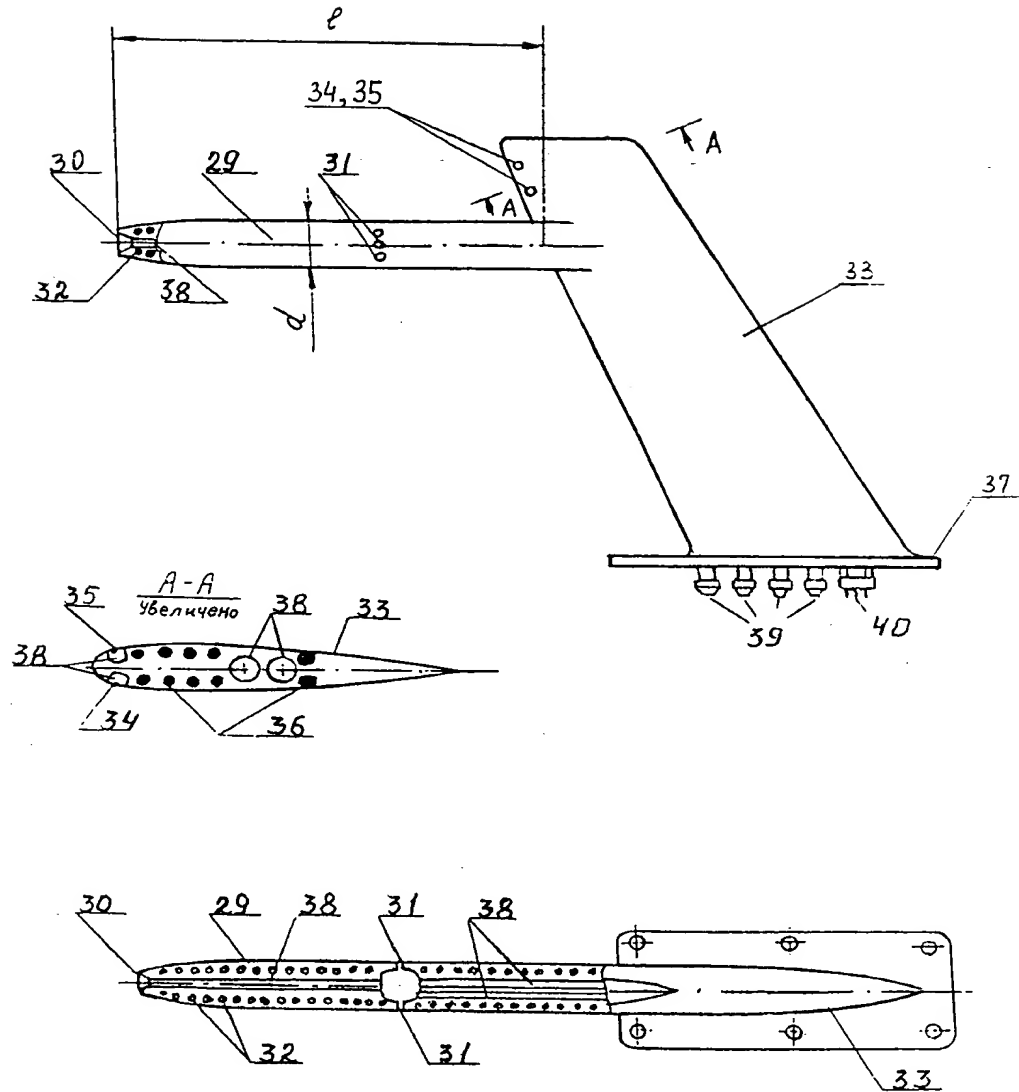
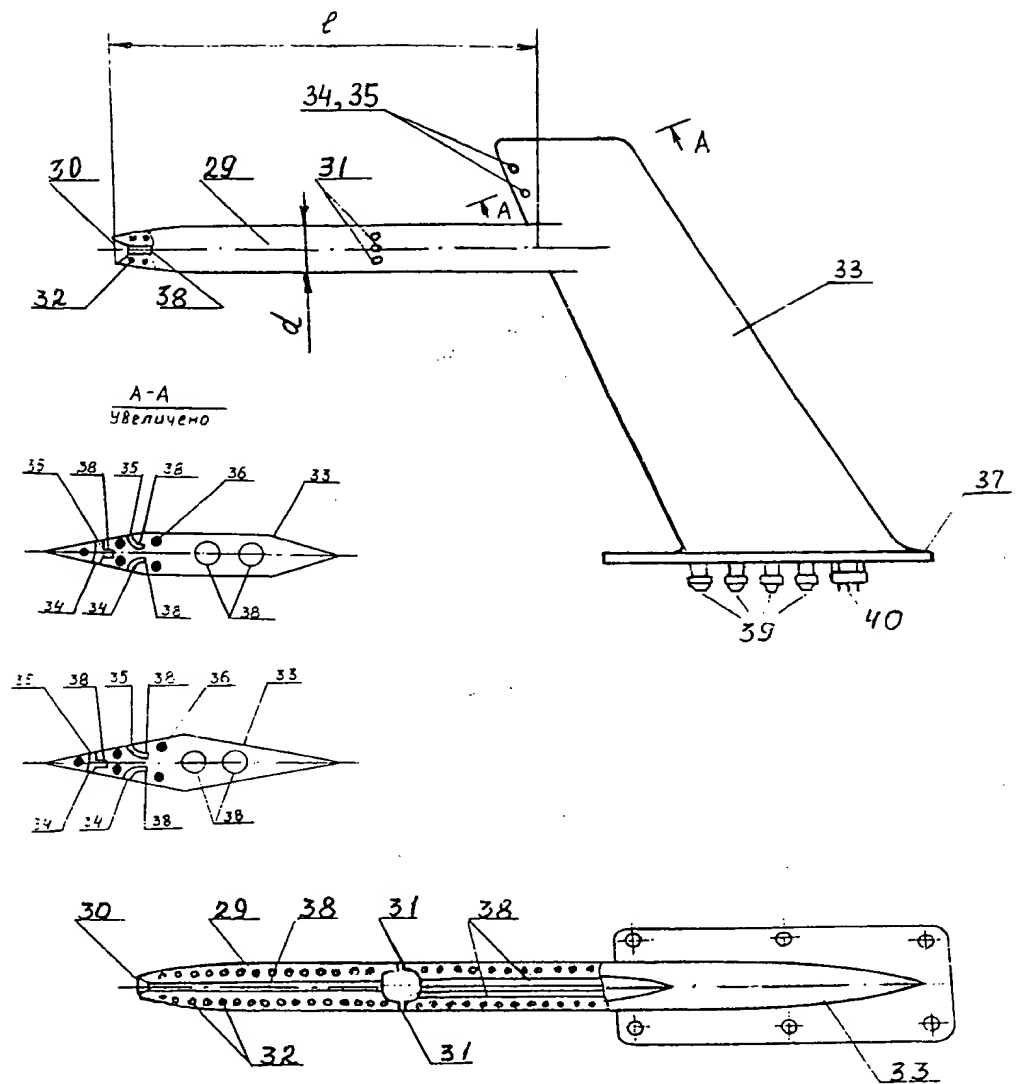


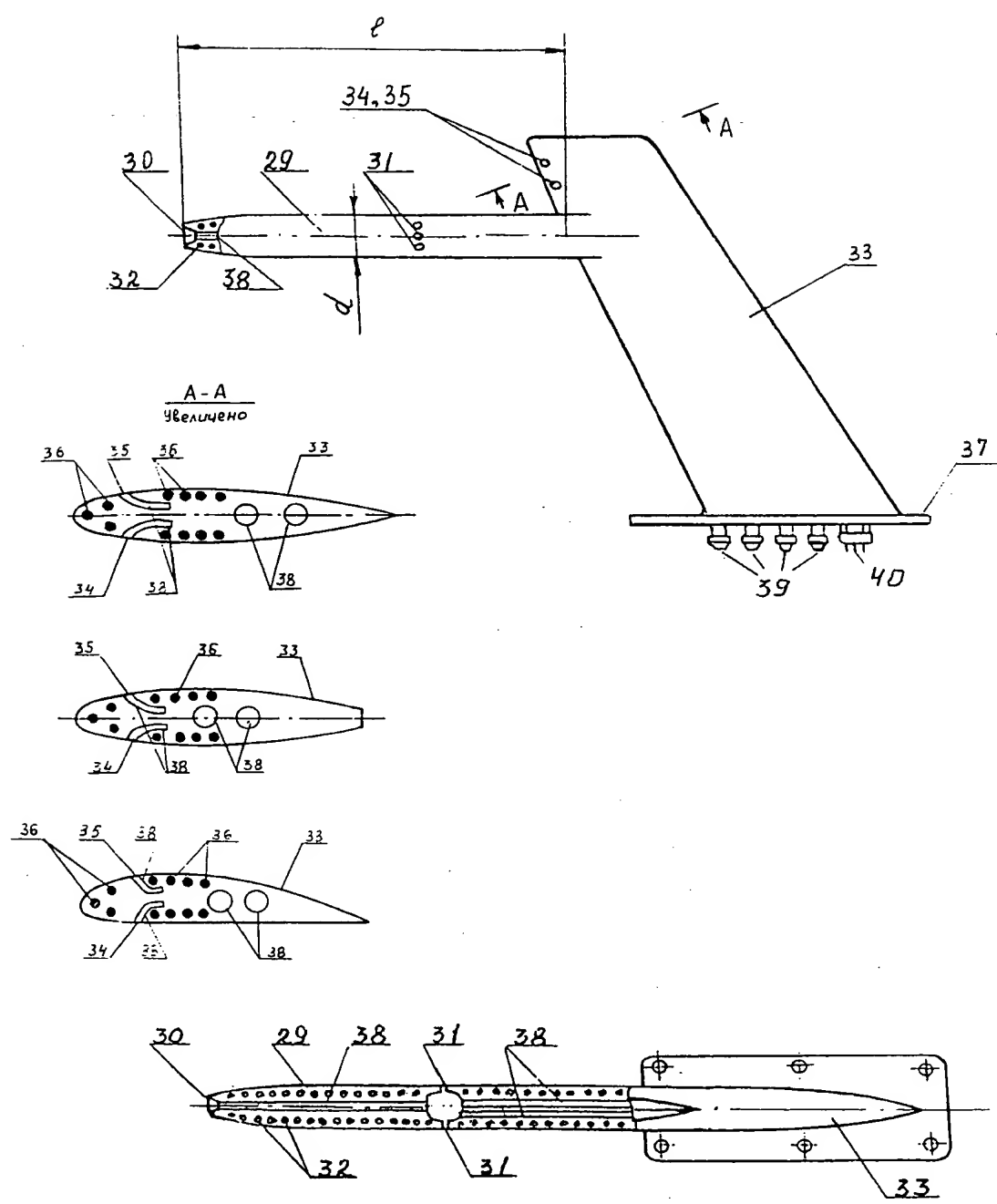
Рис. 15

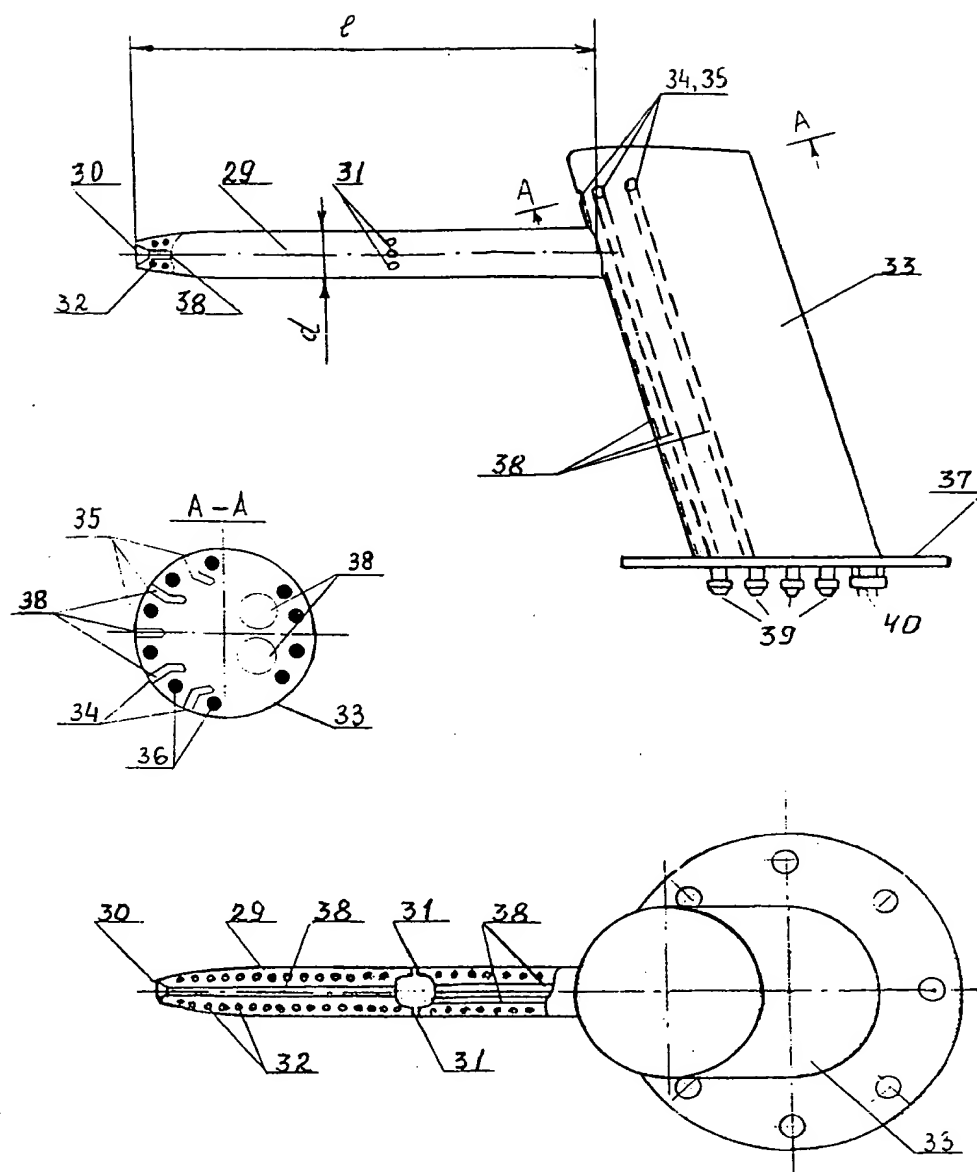


Риз. 16

14

Приемник воздушного давления. Варианты





Физ. 18

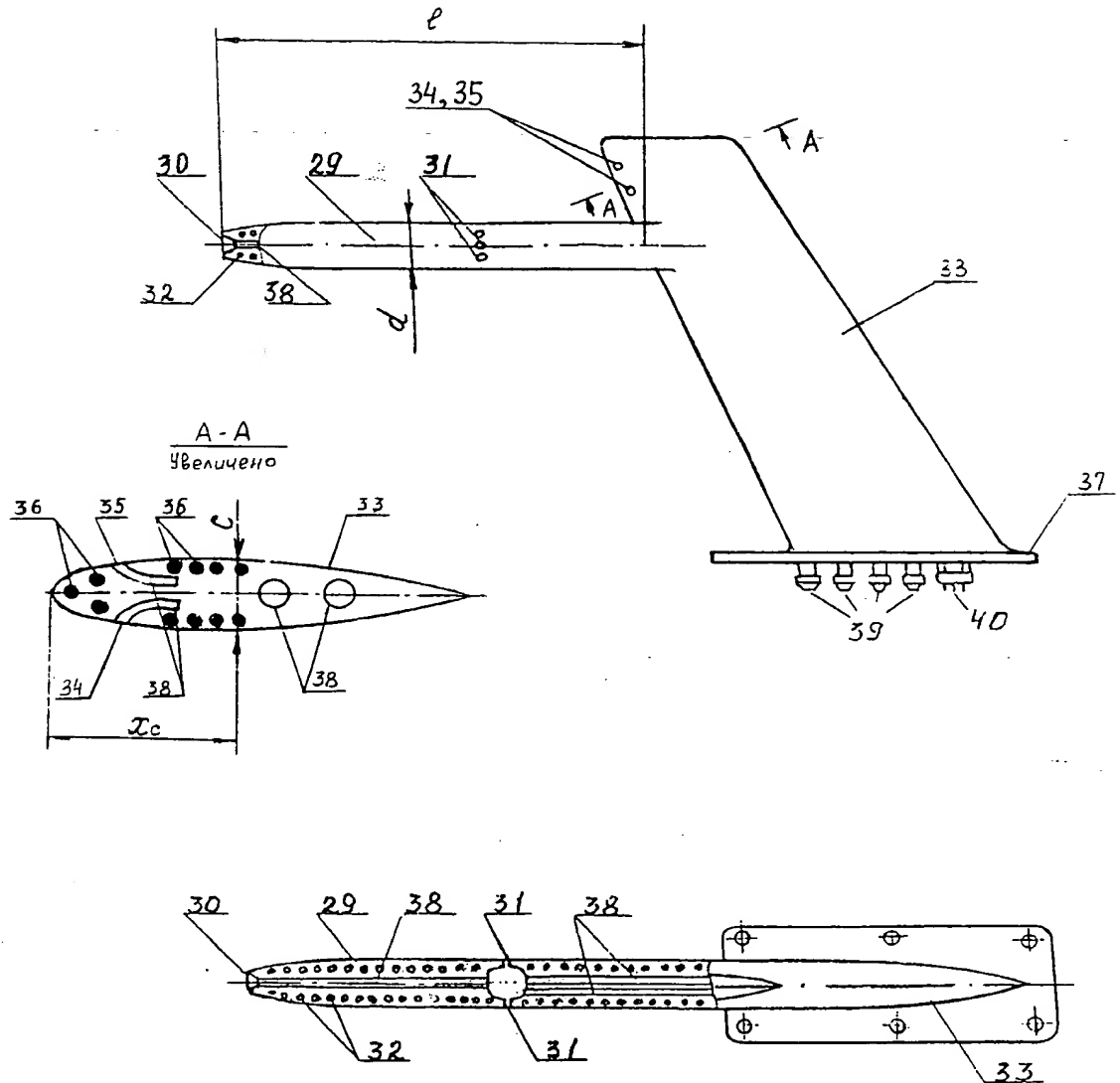
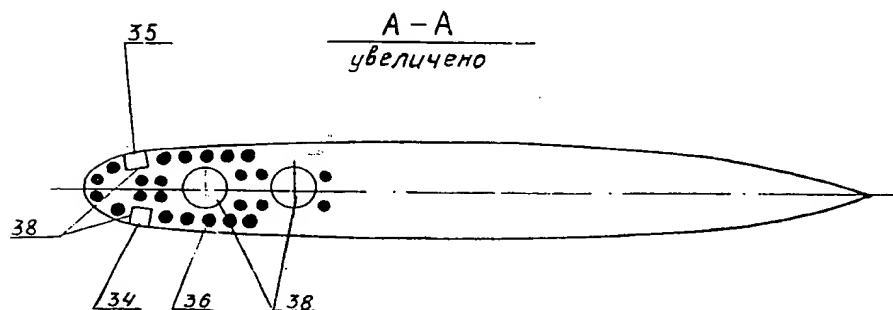
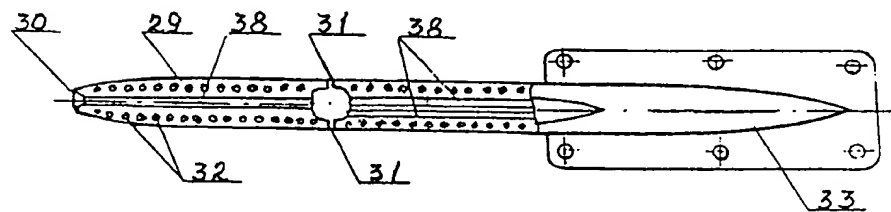
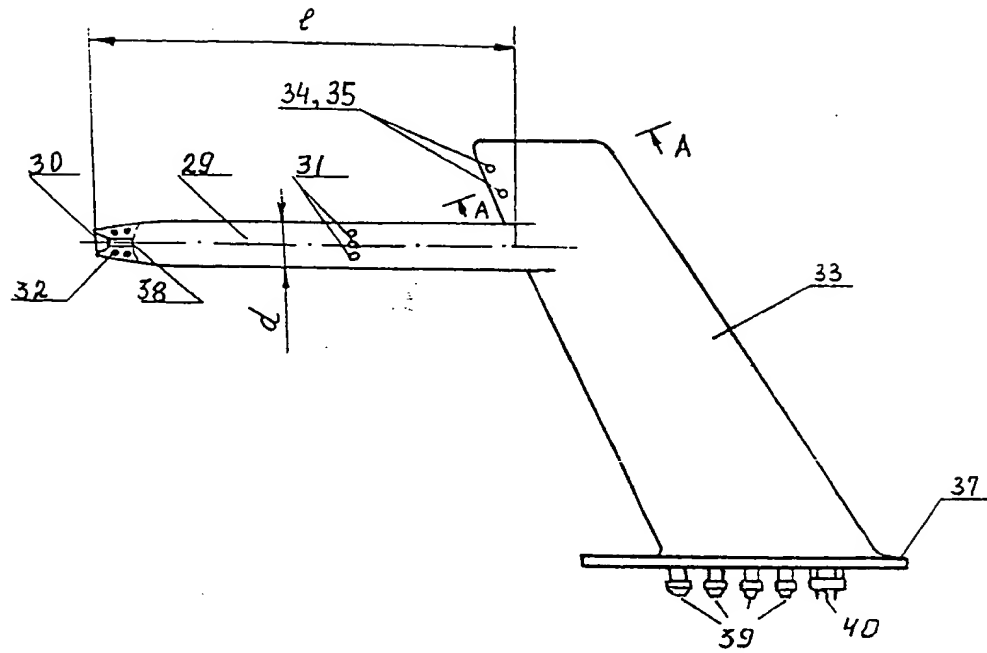
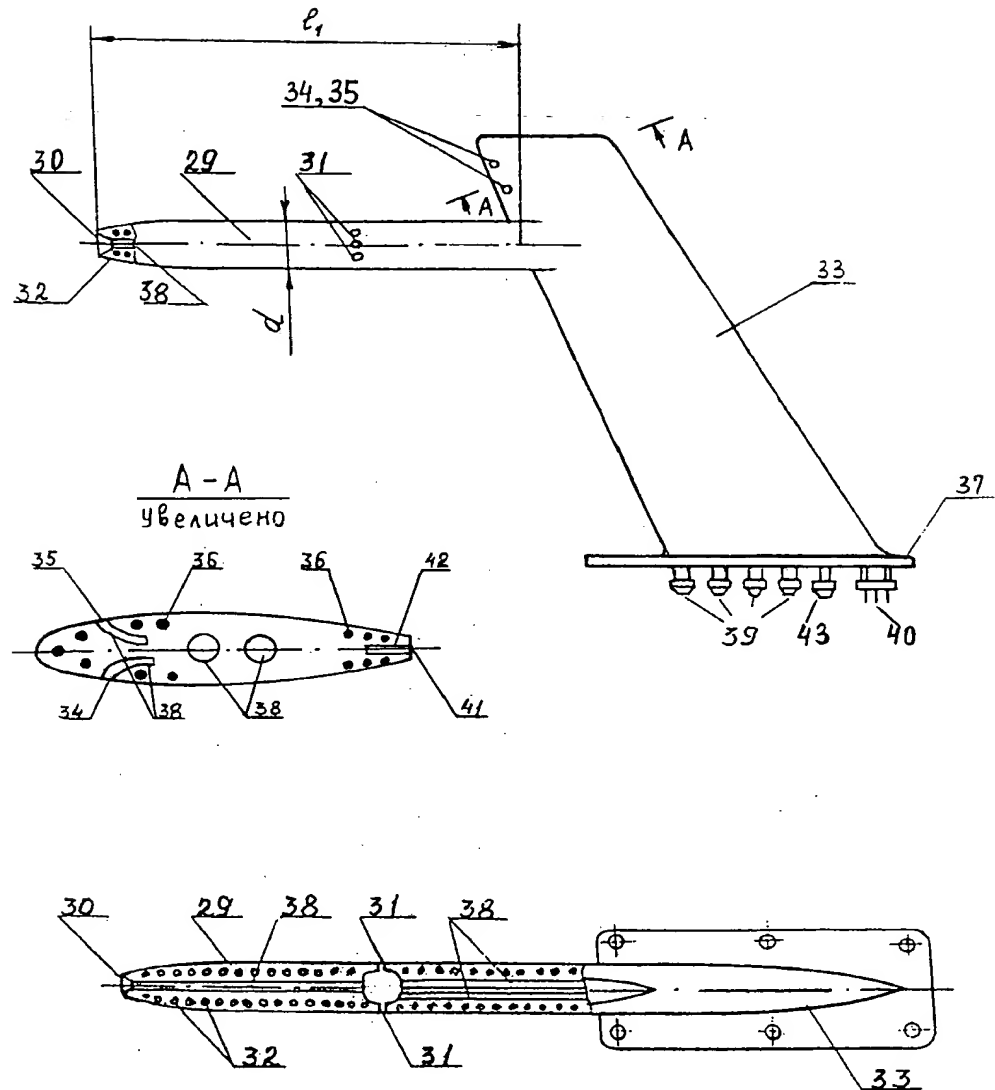
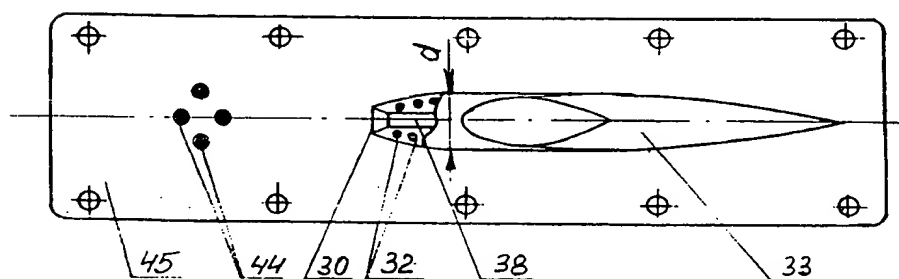
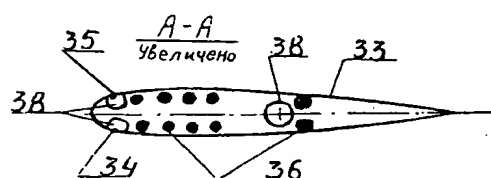
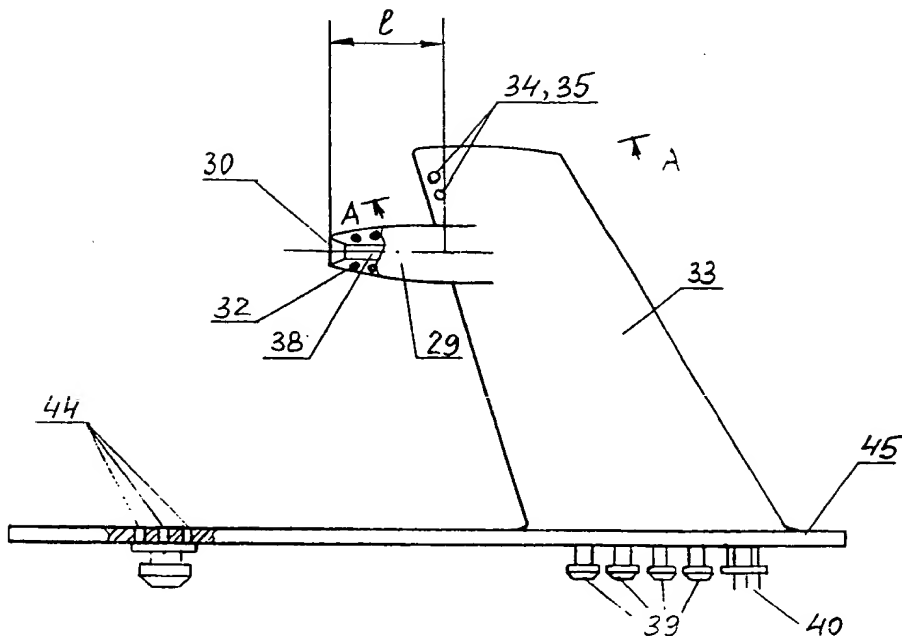


Рис. 19

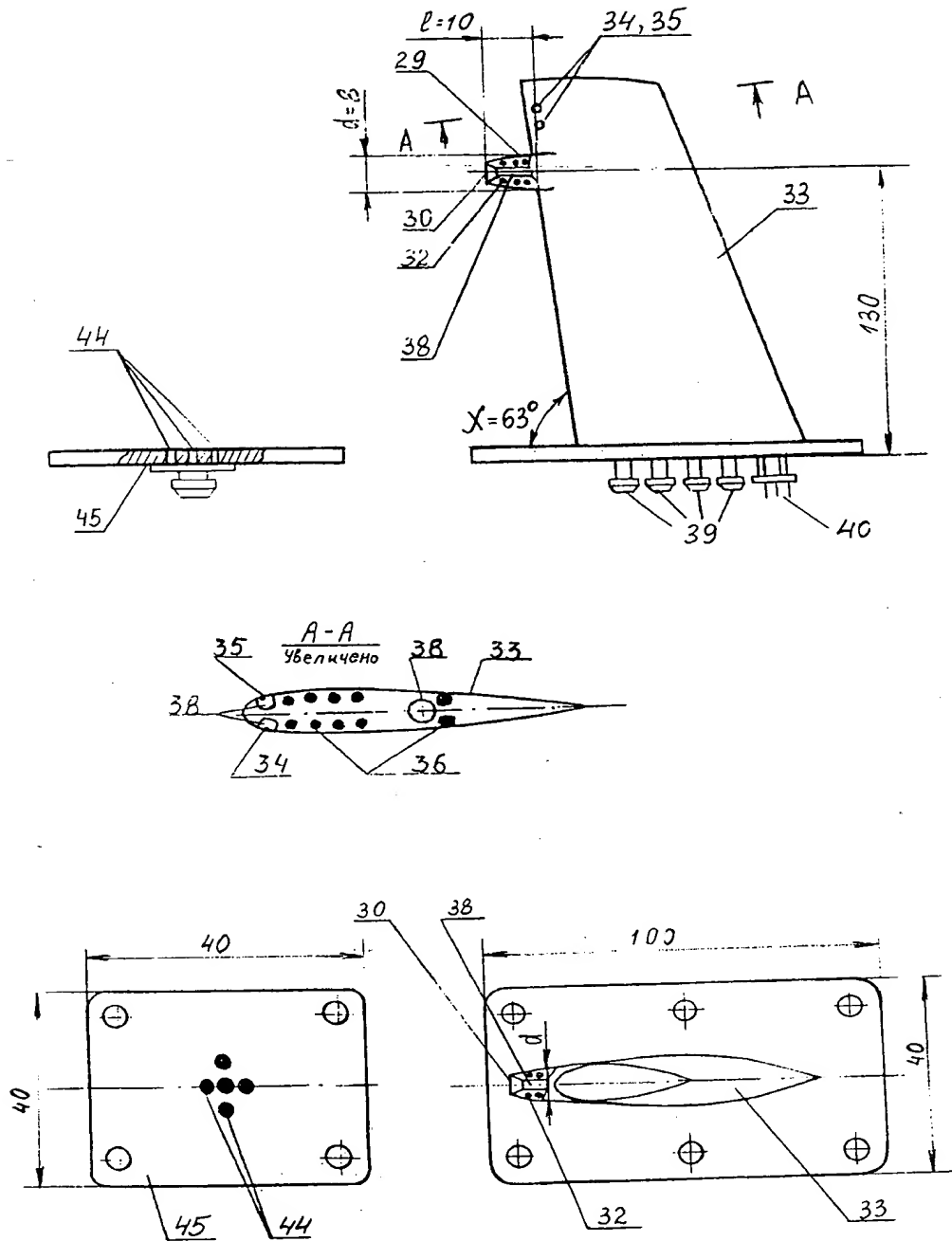


Фиг. 20

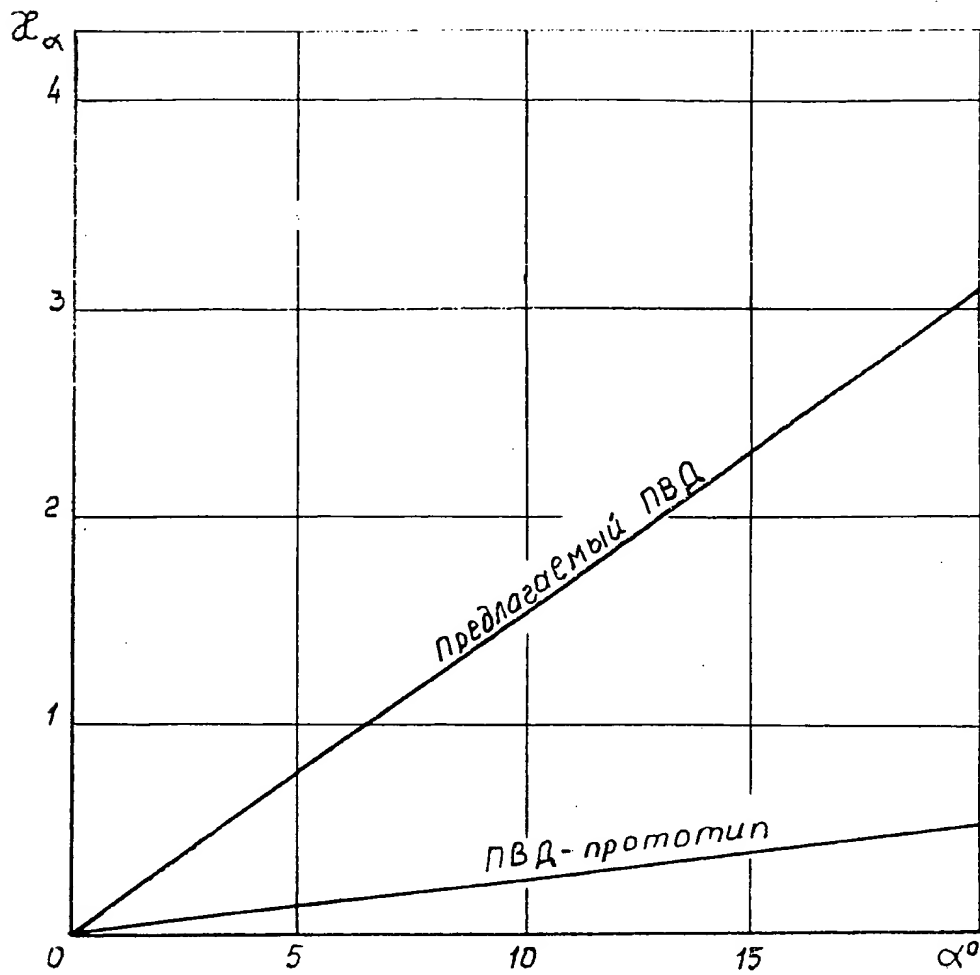




QMG.22

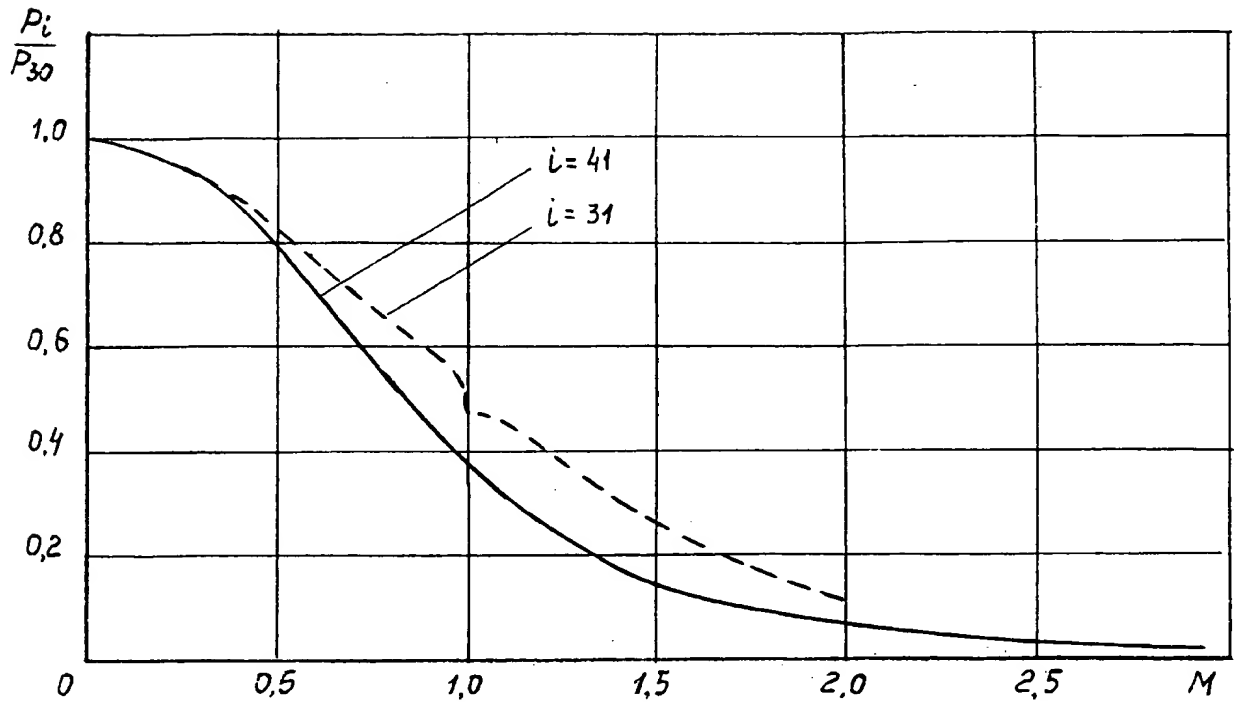


Фиг. 23



М

давления. варианты



Фиг. 25

РЕФЕРАТ

ПРИЕМНИК ВОЗДУШНОГО ДАВЛЕНИЯ. ВАРИАНТЫ.

Изобретение относится к определению параметров полета летательных аппаратов или к другим областям науки и техники, имеющим дело с потоками жидкости или газа. Изобретение позволяет упростить конструкцию, уменьшить ее вес, снизить аэродинамическое сопротивление и потребляемую мощность обогревательной противообледенительной системы, повысить точность и диапазон измерений для приемников воздушного давления.

Первый вариант приемника воздушного давления состоит из осесимметричного тела 1, в носовой части которого расположено отверстие 2 для определения полного давления. Внутри осесимметричного тела 1 находятся электронагревательные элементы 3 противообледенительной системы. Осесимметричное тело крепится к стойке 4, на которой расположены отверстия 5, 6 для определения угла атаки, а внутри стойки расположены электронагревательные элементы 7. У приемника воздушного давления имеется плита 8, которая может быть соединена с фланцем 9 или является одновременно и фланцем 9 для крепления стойки к фюзеляжу. На плите 8 выполнены отверстия 10 для измерения статического давления. Давления из отверстий 2, 5, 6, 10 выводятся из ПВД с помощью пневмотрасс 11 и штуцеров 12, а обогрев осесимметричного тела и стойки с помощью электронагревателей 3, 7 осуществляется через разъем 13. Использование приемника воздушного давления позволяет добиться упрощения конструкции, уменьшения габаритных размеров, снижения аэродинамического

сопротивления, уменьшения 11.07.99
потребной мощности
противообледенительной системы, а также снижения веса конструкции.

При применении ПВД на малых дозвуковых скоростях или только больших сверхзвуковых скоростях для увеличения чувствительности ПВД к измеряемым параметрам все приемные отверстия могут быть размещены на расстоянии от носка аэродинамического профиля до его максимальной толщины.

Для применения ПВД при околосзвуковых скоростях аэродинамический профиль может иметь донный срез, на котором расположены дополнительные отверстия для отбора давления, соединенные дополнительными каналами с дополнительными штуцерами. За счет отсутствия явления трансзвуковой стабилизации на донном срезе на таком ПВД имеется возможность повысить точность измерения статического давления и числа M при околосзвуковых числах Маха.

Для применения при дозвуковых скоростях аэродинамический профиль может иметь скругленную переднюю кромку. Тем самым достигается уменьшение аэродинамического сопротивления и уменьшения потребной мощности противообледенительной системы, за счет имеющейся в данном случае потенциальной возможности поместить ТЭНы непосредственно в носке аэродинамического профиля, наиболее подверженном льдообразованию.

Для применения при сверхзвуковых скоростях для уменьшения аэродинамического сопротивления аэродинамический профиль может иметь острую переднюю кромку.

Для уменьшения потерь тепловой энергии
противообледенительной системы электронагреватели

противообледенительной системы могут быть установлены к передней кромке аэродинамического профиля.

Второй вариант приемника воздушного давления позволяет уменьшить аэродинамическое сопротивление, снизить требуемую мощность нагревательной противообледенительной системы, а также уменьшить вредное воздействие на крейсерских режимах полета на воздухозаборники двигателей при установке приемника воздушного давления впереди воздухозаборника. Технический результат достигается тем, что приемник воздушного давления содержащий корпус с приемными отверстиями, размещенными по периферии сечения, соединенными пневмотрассами со штуцерами и с расположенными внутри корпуса электронагревателями противообледенительной системы выполняется таким образом, что поперечные сечения корпуса имеют вид специализированного аэродинамического профиля.

Для уменьшения веса конструкции приемник воздушного давления может являться элементом собственно самого планера ЛА (например, консоли крыла, оперения и т.д.).

Кроме того, приемник воздушного давления может быть выполнен таким образом, что передняя кромка корпуса имеет отрицательную и положительную стреловидность, а отверстия для восприятия давлений расположены в сечении, проходящим в области излома передней кромки корпуса.

В третьем варианте приемника воздушного давления технический результат достигается тем, что приемник воздушного давления, содержащий три группы отверстий для определения полного давления, статического давления и угла атаки, осесимметричное тело и стойку для крепления с расположенными внутри них пневмотрассами и электронагревательными элементами

противообледенительной системы, выполняется таким образом, что приемные отверстия для измерения угла атаки располагаются на стойке выше осесимметричного тела по отношению к основанию стойки. Такое расположение отверстий для измерения угла атаки уменьшает влияние угла скольжения ЛА на измерение местного угла атаки.